

**НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТРАНСПОРТА СИБИРИ  
И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

*Научный журнал*

Учредитель журнала  
Сибирский Государственный  
Университет Водного Транспорта

Журнал выходит  
на русском языке с 2002 года

Периодичность – 4 выпуска в год

*Журнал широкой научной тематики:*

- Эксплуатация и экономика транспорта
- Путь. Путевое хозяйство
- Судовождение
- Теплоэнергетика
- Электроэнергетика
- Экология
- Транспортное образование

Редакция журнала

*Главный редактор*  
**Палагушкин Борис Владимирович**,  
докт. техн. наук, профессор

*Заместители главного редактора:*  
**Лебедев Олег Юрьевич**,  
канд. техн. наук, доцент

**Рослякова Оксана Вячеславовна**,  
канд. техн. наук, доцент

**Иванова Елена Васильевна**,  
докт. техн. наук, профессор

Редакционная коллегия

**Сичкарёв Виктор Иванович** – докт. техн. наук,  
профессор кафедры Судовождения Сибирского  
государственного университета водного  
транспорта

**Глушков Сергей Павлович** – докт. техн. наук,  
профессор кафедры Технологии транспортного  
машиностроения и эксплуатации машин  
Сибирского государственного университета путей  
сообщения

**Манусов Вадим Зиновьевич** – докт. техн. наук,  
профессор кафедры Систем электроснабжения  
предприятий Новосибирского государственного  
технического университета

**Зайцев Валерий Павлович** – докт. хим. наук,  
профессор, кафедры Физики, химии и  
инженерной графики Сибирского  
государственного университета водного  
транспорта

**NAUCHNYE PROBLEMY  
TRANSPORTA SIBIRI  
I DAL'NEGO VOSTOKA**

*Science Magazine*

The founder of the journal  
Siberian State University  
of Water Transport

The magazine is published  
in Russian in 2002

Frequency – 4 issues per year

*Science magazine with the headings:*

- Transport operation and economics
- Infrastructure of transport routes
- Management and maintenance of means of transport
- Heat power industry
- Electric power industry
- Ecology
- Transport Education

The editorial staff

*Editor in Chief*  
**Palagushkin Boris**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

*Deputy chief editor:*  
**Lebedev Oleg**  
Ph. D. of Technical Sciences, Assoc. prof.

**Roslyakova Oksana**  
Ph. D. of Technical Sciences, Assoc. prof.

**Ivanova Elena**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

Editorial team

**Sichkarev Victor** – Doctor of Technical  
Sciences, Professor at the Department of  
Navigation in Siberian State University of Water  
Transport

**Glushkov Sergey** – Doctor of Technical Sciences,  
Professor at the Department of Technologies of  
transport engineering and operation of machines of  
the Siberian State Transport University

**Manusov Vadim** – Doctor of Technical Sciences,  
Professor at the Department of Power supply  
systems of enterprises of Novosibirsk State  
Technical University

**Zaitsev Valery** – Doctor of Chemical Sciences,  
Professor at the Department of Physics,  
Chemistry and Engineering Graphics of the  
Siberian State University of Water Transport

---

## ABOUT THE JOURNAL

---

**Сибриков Дмитрий Александрович** – канд. техн. наук, доцент кафедры Судовые энергетические установки Сибирского государственного университета водного транспорта

**Кудряшов Александр Юрьевич** – канд. техн. наук, доцент кафедры Строительного производства, конструкций и охраны водных ресурсов Сибирского государственного университета водного транспорта

**Бунеев Виктор Михайлович** – докт. экон. наук, профессор кафедры Управления работой флота Сибирского государственного университета водного транспорта

**Пилипенко Татьяна Викторовна** – канд. техн. наук, доцент кафедры Водных изысканий, путей и гидротехнических сооружений Сибирского государственного университета водного транспорта

**Сальников Василий Герасимович** – докт. техн. наук, профессор кафедры Электроэнергетических систем и электротехники Сибирского государственного университета водного транспорта

**Sibryakov Dmitry** – Ph. Doctor of Technical Sciences, Associate professor of the Department of Marine Power Plants of the Siberian State University of Water Transport

**Kudryashov Alexander** – Ph. Doctor of Technical Sciences, Associate professor at the Department of Construction Production, Structures and Protection of Water Resources of the Siberian State University of Water Transport

**Buneev Viktor** – Doctor of Economic Sciences, Professor at the Department of Fleet Management of the Siberian State University of Water Transport

**Pilipenko Tatiana** – Ph. Doctor of Technical Sciences, Associate professor of the Department of Water Surveys, Ways and Hydraulic Structures of the Siberian State University of Water Transport

**Salnikov Vasily** – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Electric Power Systems and Electrical Engineering of the Siberian State University of Water Transport



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕДОСТОЙКИХ И ПРОТИВООБРАСТАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ К УДАРНО-ЦИКЛИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

М.Г. Мензилова, О.Ю. Лебедев, А.О. Токарев

### EXPERIMENTAL STUDIES OF ICE-RESISTANT AND ANTI-FOULING COATINGS UNDER IMPACT-CYCLICAL IMPACT

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**M.G. Menzilova** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department of "Ship Theory, Shipbuilding and Materials Technology" of SSUWT)

**O.Y. Lebedev** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. Head of the Department of "Ship Theory, Shipbuilding and Materials Technology" of SSUWT)

**A.O. Tokarev** (Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Ship Theory, Shipbuilding and Materials Technology" of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** This article discusses one of the important features of paint and varnish coatings on ship hulls – resistance to contact-impulse effects (impact). At low impact values, paint and varnish coatings are destroyed and the ship's hull is subject to corrosion.

Protecting a ship's hull from corrosion and biofouling using paint and varnish coatings is the most common method, which has a number of advantages compared to other protection methods. This method allows painting of products of any size and is more economical compared to other types of protection.

---

**Keywords:** Laboratory tests, paint and varnish material, paint and varnish coatings, ship painting, metal painting schemes, airless ship painting, shock impact, contact-impulse impact.

В данной статье рассматривается одно из важных особенностей лакокрасочных покрытий корпусов судов – стойкость к контактно-импульсному воздействию (ударному воздействию). При низких значениях к ударному воздействию лакокрасочные покрытия разрушаются и корпус судна подвергается коррозии.

Защита корпуса судна от коррозии и биообрастания с помощью лакокрасочных покрытий – это наиболее распространенный метод, который имеет ряд преимуществ, по сравнению с другими методами защиты. Такой способ допускает окраску изделий любых габаритов, и более экономичен по сравнению с другими видами защиты.

Суда подвергаются сильному коррозионному воздействию морской воды, ветра, тумана и других атмосферных факторов, биообрастанию, а также ударному воздействию, в результате чего происходит разрушение корпуса, отдельных конструкций судна и ухудшение мореходных качеств [1].

Для защиты корпуса судна наиболее часто используют лакокрасочные покрытия (ЛКП). С развитием судостроения и судоремонта возрастают требования к качеству, составу и потребительским свойствам лакокрасочных покрытий. В связи с тем, что суда эксплуатируются в различных условиях и в процессе эксплуатации испытывают ударное воздействие (движение в битом льду, при швартовочных операциях, при погрузочно-разгрузочных работах, при посадке на мель, при столкновении с мусором и плавучими объектами), то необходимы лакокрасочные покрытия с увеличенным сроком службы и специальными защитными свойствами [2].

Для экспериментального исследования ЛКП на стойкость к контактно-импульсному воздействию были подготовлены металлические пластины из листовой стали ГОСТ-16523-97 [3], толщиной 3 мм, квадратной формы 100x100 мм, очищенные в дробеметной камере.

Было окрашено 18 экспериментальных пластин (по шесть пластин разными способами – кистью, валиком и безвоздушным способом), с соблюдением всех технологических требований.

На пластины были нанесены следующие лакокрасочные материалы:

Ледостойкие однослойные покрытия:

I. Akrus Strong (Россия) – 500 мкм.

II. International (Нидерланды) – 500 мкм.

Ледостойкие многослойные покрытия с финишным противообрастающим слоем:

III. International (Нидерланды):

1. Intershield 163 (Inerta 160) – ледостойкий слой – 500 мкм;

2. Intergard 263 – переходный антикоррозионный слой – 100 мкм;
  3. Interswift 6800 – противообрастающий слой – 100 мкм.
- IV. Jotun (Норвегия):
1. Marathon IQ2 – ледостойкий слой – 500 мкм;
  2. Safeguard universal ES – переходный антикоррозионный слой – 75 мкм;
  3. Antifouling seaforce 90 – противообрастающий слой – 100 мкм.
- V. KCC (Корея):
1. Korerox EH 2352 – ледостойкий слой – 160 мкм;
  2. Korerox EH 2352 – ледостойкий слой – 160 мкм;
  3. Korerox EH 2560 – переходный антикоррозионный слой – 100 мкм;
  4. EgisPacific – противообрастающий слой – 100 мкм;
  5. EgisPacific – противообрастающий слой – 100 мкм.
- VI. Akrus (Россия):
1. Akrus Strong – ледостойкий слой – 400 мкм;
  2. Акрус-эпоцинк – переходной антикоррозионный слой – 100 мкм;
  3. Akrus – 042M – противообрастающий слой – 100 мкм.

Для воспроизведения жёстких условий эксплуатации, в условиях ударной нагрузки был использован стенд для повторно ударного нагружения поверхности. Стенд представляет собой лабораторную установку, производящую повторяющиеся удары по индентору, находящемуся в постоянном контакте с испытываемым образцом по ГОСТ 4765-73 «Материалы лакокрасочные. Метод определения прочности при ударе» [4].

Лабораторная установка (рисунок 1) включает станину 1, имеющую два соосных кронштейна, через которые пропущен шток 2. На штоке свободно надет груз 3, поднимающийся посредством поворота улитки 4. На нижнем конце штока укреплен боек 5 со сменным индентором 6. Индентор бойка представляет собой шарик диаметром 10 мм, изготовленный из твёрдого сплава. Масса свободно падающего груза составила 3,3 кг. Высота сбрасывания груза – 50 см. При повороте улитки 4 груз поднимается на высоту 0,5 м, после чего срывается с улитки и свободно падает. Импульс усилия, создаваемый падающим грузом, передаётся через подъёмник с ручкой 8 на боек. Подъёмник необходим для подъема штока с грузом при установке и съеме узла крепления испытываемого образца 7 и при оценке полученных образцом повреждений [5].

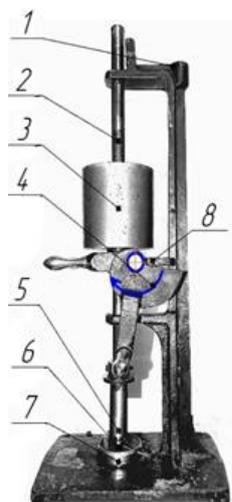


Рисунок 1 – Лабораторная установка ударно-циклического воздействия:  
 1 – станина; 2 – шток; 3 – грузы; 4 – улитка; 5 – боек; 6 – сменный индентор;  
 7 – узел крепления образца; 8 – ручка подъемника

Поверхность всех образцов, после ударно-циклического воздействия исследовалась под оптическим микроскопом Микромед Полар 1, который дает увеличение в диапазоне от 50 до 500 крат. Микроскоп позволяет получить снимки высокого качества и разрешения. Каждый образец исследовался при увеличении  $\times 50$ . Результаты исследований поверхности образцов, окрашенных кистью, под микроскопом представлены на рисунке 2 (а – внешний вид образца, б – один удар, в – 10 ударов, г – 100 ударов).

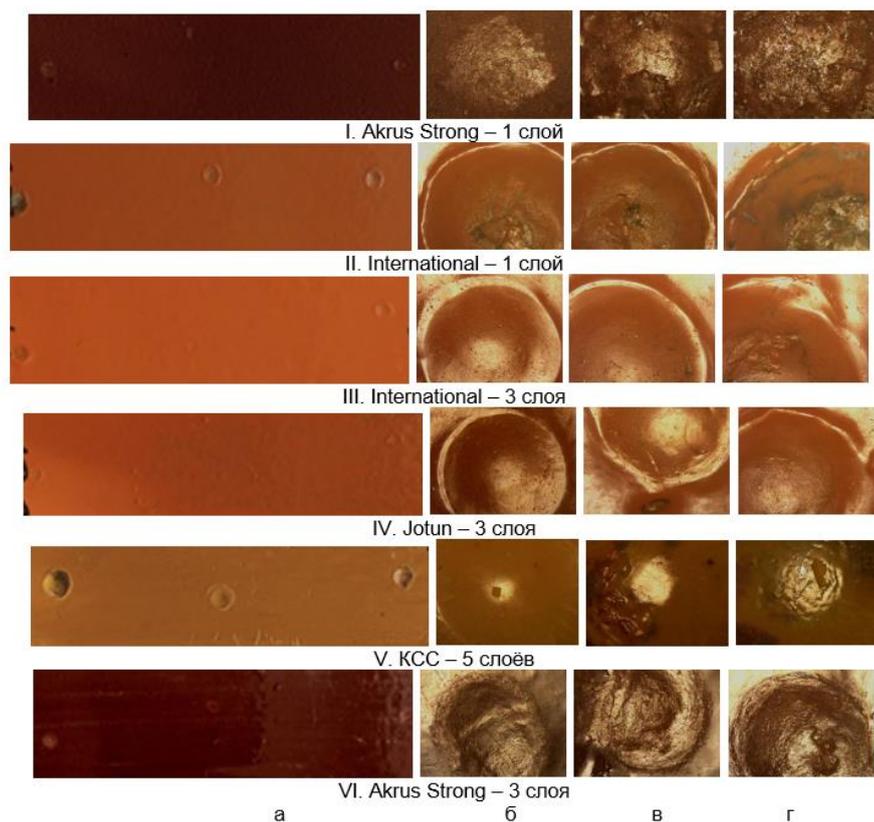


Рисунок 2 – Результаты исследования поверхности образцов, окрашенных кистью

Результаты исследований поверхности образцов, окрашенных валиком, под микроскопом представлены на рисунок 3 (а – внешний вид образца, б – один удар, в – 10 ударов, г – 100 ударов).

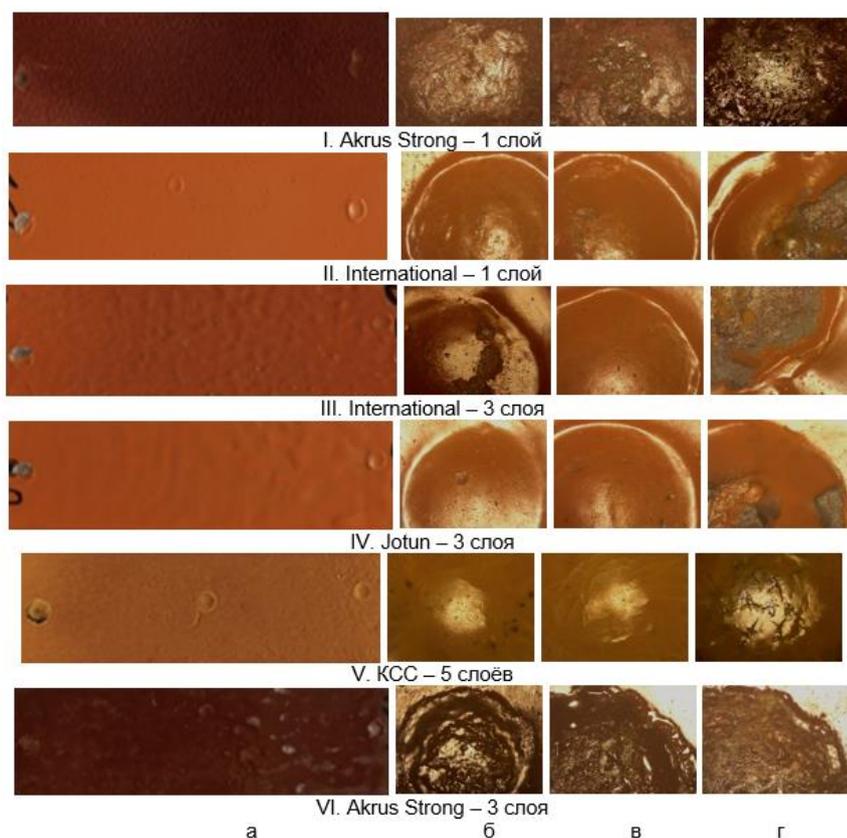


Рисунок 3 – Результаты исследования поверхности образцов, окрашенных валиком

Результаты исследований поверхности образцов, окрашенных безвоздушным способом, под микроскопом представлены на рисунок 4 (а – внешний вид образца, б – один удар, в – 10 ударов, г – 100 ударов).

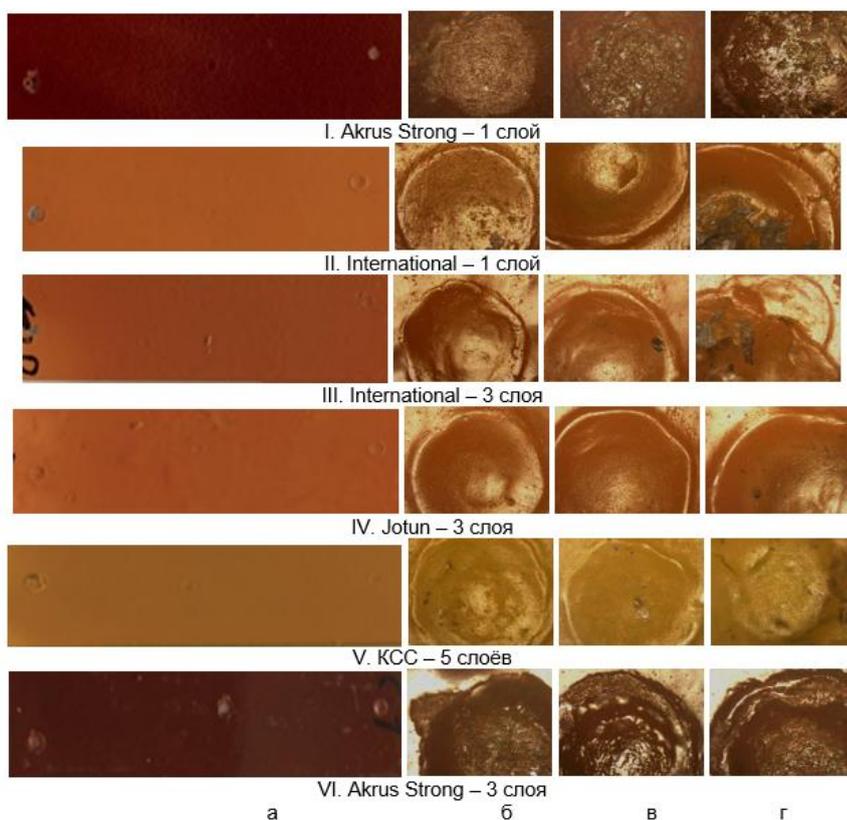


Рисунок 4 – Результаты исследования поверхности образцов, окрашенных безвоздушным способом

В качестве меры оценки повреждений поверхности образцов, покрытых лакокрасочными покрытиями, выбран диаметр и глубина лунки, создаваемые индентором.

Диаметр лунки измерялся с помощью лупы Бринелля. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость диаметра лунки от количества ударов, мм

Образцы	Способы нанесения			Количество ударов	Образцы	Способы нанесения		
	Кисть	Валик	Безвоздушный способ			Кисть	Валик	Безвоздушный способ
Ледостойкие однослойные покрытия								
I. Akrus Strong (Россия)	1,8	2,0	1,8	1	II. International (Нидерланды)	2,2	2,0	2,0
	2,2	2,2	2,0	10		2,4	2,3	2,1
	2,5	2,5	2,5	100		3,0	3,0	2,6
Ледостойкие многослойные покрытия с финишным противообрастающим слоем								
III. International (Нидерланды)	2,0	2,1	2,0	1	IV. Jotun (Норвегия)	1,9	2,0	1,8
	3,2	4,0	2,6	10		3,0	2,1	2,0
	3,3	4,3	3,1	100		4,0	3,0	2,8

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Образцы	Способы нанесения			Количество ударов	Образцы	Способы нанесения		
	Кисть	Валик	Безвоздушный способ			Кисть	Валик	Безвоздушный способ
V. КСС (Корея)	4,0	3,5	2,0	1	VI. Akrus Strong (Россия)	1,5	1,5	1,3
	4,2	3,7	2,7	10		1,8	2,0	1,5
	4,5	4,0	3,5	100		2,5	2,3	2,0

По данным таблицы 1 построены графики зависимости диаметра лунки от количества ударов. Графики представлены на рисунках 5–7.

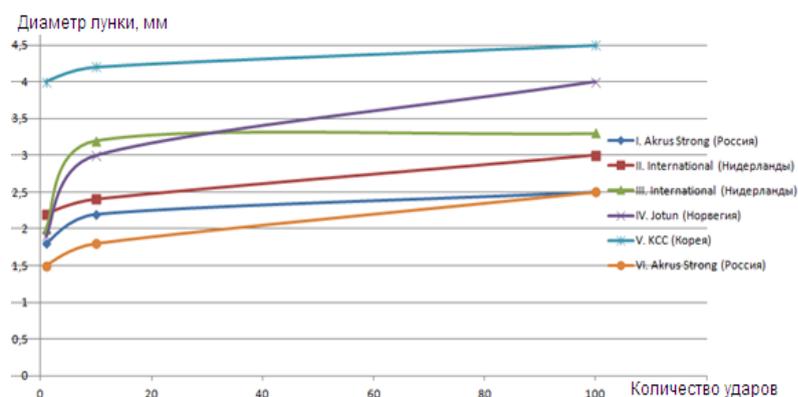


Рисунок 5 – Стойкость ЛКП, нанесенного кистью к ударно-циклическому воздействию – зависимость диаметра лунки от количества ударов

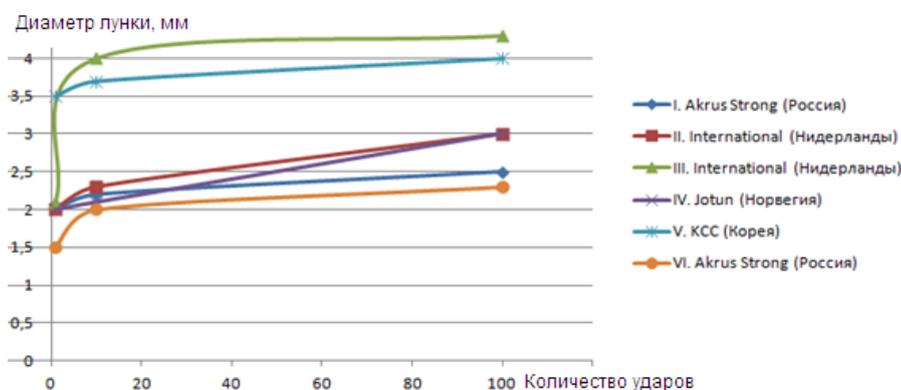


Рисунок 6 – Стойкость ЛКП, нанесенного валиком к ударно-циклическому воздействию – зависимость диаметра лунки от количества ударов

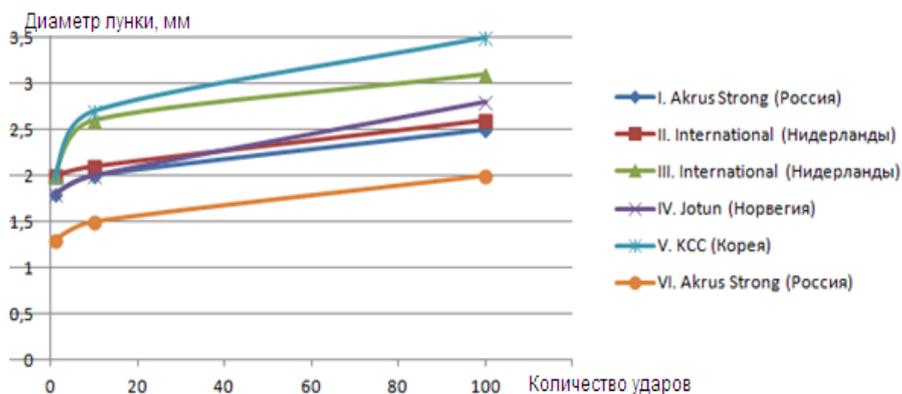


Рисунок 7 – Стойкость ЛКП, нанесенного безвоздушным способом к ударно-циклическому воздействию – зависимость диаметра лунки от количества ударов

Глубина лунки измерялся с помощью индикаторного глубиномера ГИ-100. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость глубины лунки от количества ударов, мкм

Образцы	Способ нанесения			Количество ударов	Образцы	Способ нанесения		
	Кисть	Валик	Безвоздушный способ			Кисть	Валик	Безвоздушный способ
Ледостойкие однослойные покрытия								
I. Akrus Strong (Россия)	20	10	17	1	II. International (Нидерланды)	20	20	10
	70	40	40	10		80	50	30
	93	73	48	100		135	95	70
Ледостойкие многослойные покрытия с финишным противобрастающим слоем								
III. International (Нидерланды)	30	25	17	1	IV. Jotun (Норвегия)	15	10	8
	50	40	20	10		50	40	35
	95	70	43	100		90	70	60
V. KCC (Корея)	50	110	130	1	VI. Akrus Strong (Россия)	8	8	5
	53	120	150	10		55	50	10
	78	180	230	100		64	60	40

По данным таблицы 2 построены графики зависимости глубины лунки от количества ударов. Графики представлены на рисунках 8–10.

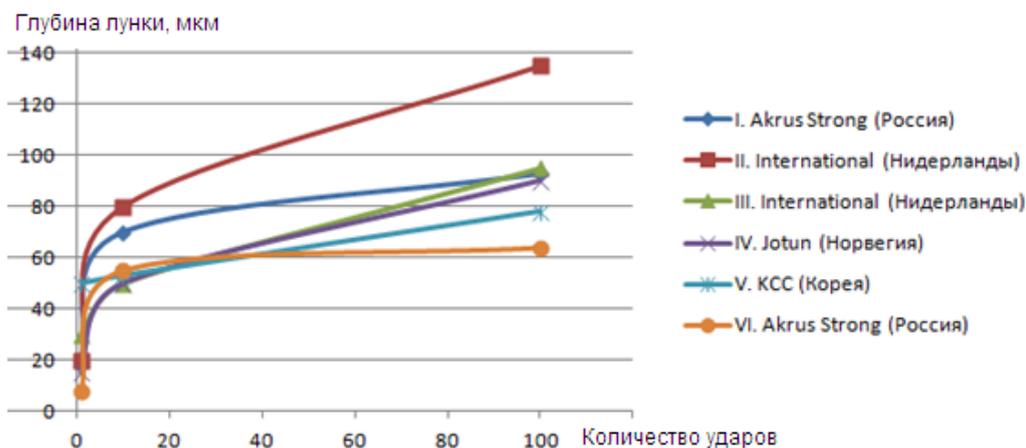


Рисунок 8 – Стойкость ЛКП, нанесенного кистью к ударно-циклическому воздействию – зависимость глубины лунки от количества ударов

Выводы. По полученным результатам эксперимента можно сказать о том, что наилучшие показатели при ударно-циклическом воздействии на лакокрасочные покрытия для судов ледового плавания были получены на системах покрытий Jotun (Норвегия) и Akrus (Россия) при всех трех способах нанесения – кистью, валиком и безвоздушным способом. С экономической точки зрения краски системы лакокрасочного покрытия Akrus, являясь продукцией отечественного производителя, значительно дешевле импортных, и при этом могут обеспечить надежную и долговечную защиту корпуса судна при эксплуатации судов в ледовых условиях.

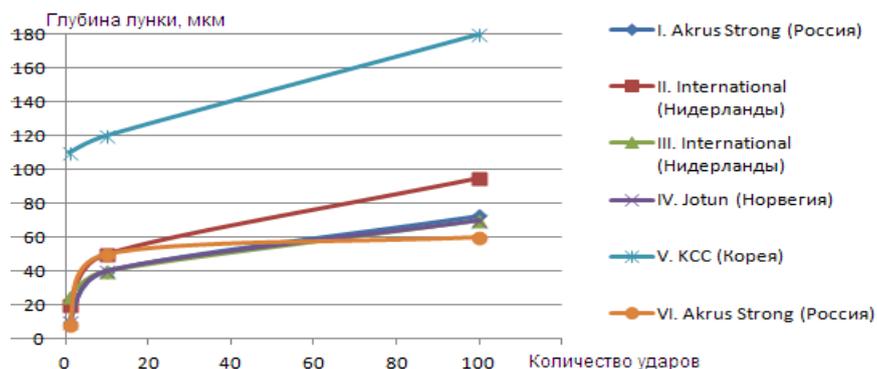


Рисунок 9 – Стойкость ЛКП, нанесенного валиком к ударно-циклическому воздействию – зависимость глубины лунки от количества ударов

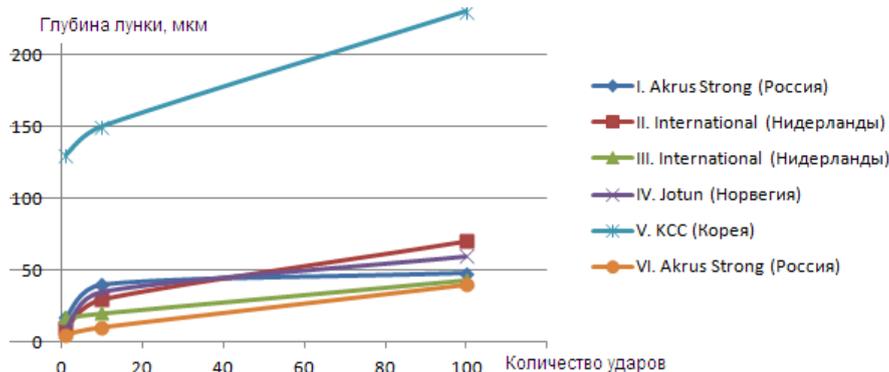


Рисунок 10 – Стойкость ЛКП, нанесенного безвоздушным способом к ударно-циклическому воздействию – зависимость глубины лунки от количества ударов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Искра, Е.В., Луковский, А.М. Технология окрашивания судов / Е.В. Искра, А.М. Луговский. – Л.: Судостроение, 1988. – 176 с.
- Лебедев О.Ю., Мензилова М.Г., Бурмистров Е.Г. Анализ применения лакокрасочных покрытий для защиты корпуса судна от коррозии // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). doi: 10.1088/1742-6596/2131/4/042048
- ГОСТ-16523-97 Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия. Межгосударственный Стандарт [Электронный ресурс]: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 16523-97 от 04.04.1999 г.) – <http://docs.cntd.ru/>.
- Токарев А.О. Исследования стойкости лакокрасочных покрытий к ударному циклическому воздействию / А.О. Токарев, О.Ю. Лебедев, М.Г. Мензилова, А.С. Дмитриев, И.А. Беспалов, Н.А. Гузенко // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. Научный журнал. Новосибирск - 2023. - №1. - С. 11-16.
- ГОСТ 4765-73 Материалы лакокрасочные. Метод определения прочности при ударе : государственный стандарт союза СССР : утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министерства СССР от 27.08.73 N 2046 : введен впервые: дата введения 1974-07-01. // Кодекс : электронный фонд правовой и нормативно-технических документов URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200019398> (дата обращения: 14.04.2023).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Лабораторные испытания, лакокрасочный материал, лакокрасочные покрытия, покраска судов, схемы окраски металла, окраска судов безвоздушным способом, ударное воздействие, контактно-импульсное воздействие.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Мензилова Марина Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теории корабля, судостроения и технологии материалов» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Лебедев Олег Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, Зав. кафедры «Теории корабля, судостроения и технологии материалов» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Токарев Александр Олегович, доктор технических наук, профессор кафедры «Теории корабля, судостроения и технологии материалов» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

REFERENCES

- Iskra, E.V., Lukovsky, A.M. Ship painting technology / E.V. Iskra, A.M. Lugovsky. – L.: Shipbuilding, 1988. – 176 p.
- Lebedev O.Yu., Menzilova M.G., Burmistrov E.G. Analysis of the use of paint and varnish coatings to protect the ship hull from corrosion // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). doi: 10.1088/1742-6596/2131/4/042048
- GOST-16523-97 Rolled thin-sheet carbon steel of high quality and ordinary quality for general purpose. Technical conditions. Interstate Standard [Electronic resource]: adopted by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (protocol No. 16523-97 of 04/04/1999) – <http://docs.cntd.ru/>.
- Tokarev A.O. Research on the resistance of paint and varnish coatings to cyclic shock effects / A.O. Tokarev, O.Yu. Lebedev, M.G. Menzilova, A.S. Dmitriev, I.A. Bepalov, N.A. Guzenko // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. Science Magazine. Novosibirsk - 2023. - No. 1. - pp. 11-16.
- GOST 4765-73 Paint and varnish materials. Method for determining impact strength: state standard of the USSR: approved and put into effect by Resolution of the State Committee of Standards of the Council of the Ministry of the USSR dated 08.27.73 N 2046: introduced for the first time: date of introduction 1974-07-01. // Code: electronic fund of legal and regulatory technical documents URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200019398> (access date: 04/14/2023).

# ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ДОБЫЧИ, ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ, ПЕРЕВОЗКИ И ВЫГРУЗКИ НСМ ИЗ РЕЧНЫХ СУДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Ю.С. Боровская, Г.Ж. Игликова, В.Н. Попов

**SUBSTANTIATION OF THE OPTIMAL COMPLEX OF TECHNICAL MEANS FOR EXTRACTION, FRACTIONATION, TRANSPORTATION AND UNLOADING OF NSM FROM RIVER VESSELS USING THE DYNAMIC PROGRAMMING METHOD**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**Y.S. Borovskaya** (Senior Lecturer of SSUWT)

**G.Z. Iglukova** (Postgraduate student of SSUWT)

**V.N. Popov** (Senior Lecturer of SSUWT)

**ABSTRACT:** In this article, the substantiation of the complex of necessary technical means for extraction, fractionation, transportation and unloading of NSM from river vessels using the dynamic programming method is proposed. The sequence of solving this problem is considered, broken down into the necessary stages.

**Keywords:** Fractionation, NSM, river vessels, dynamic programming method, technological process, technological process stage.

В данной статье предложено обоснование комплекса необходимых технических средств для добычи, фракционирования, осуществления перевозки и выгрузки НСМ из речных судов с применением метода динамического программирования. Рассмотрена последовательность решения данной задачи с разбивкой на необходимые этапы.

Дальнейшее развитие перевозок НСМ речным транспортом немыслимо без коренного улучшения качества материала, предназначенного для снабжения предприятий строительной индустрии. Это возможно при условии создания на речном транспорте экономически обоснованных средств добычи, перегрузки и фракционирования НСМ, позволяющих поставлять строительные материалы с минимальными трудовыми и материальными издержками. Процесс доставки грузов складывается из транспортных, грузовых и складских операций [1].

Фракционирование НСМ может производиться как береговыми, так и плавучими устройствами. В последнем случае добывающие плавучие машины должны иметь специальное оборудование для фракционирования НСМ. Очевидно, что выбор типа перегрузочной машины будет оказывать влияние на принятый способ фракционирования НСМ.

Производительность загрузки речных судов НСМ при их фракционировании на плаву будет различна, что объясняется неодинаковым содержанием различных фракций в исходной смеси. Это обстоятельство, при прочих равных условиях, изменит потребность во флоте для перевозки НСМ.

Из изложенного следует, что перегрузочные средства, фракционирующие устройства и флот имеют органические связи, которые необходимо учитывать при организации постоянно действующих линий для перевозки НСМ и особенно при внутриузловых перевозках. Следовательно, типы перегрузочных машин, фракционирующих устройств и флот должны выбираться в комплексе с тем, чтобы получить оптимальные экономические показатели.

Процесс перемещения НСМ по всему технологическому процессу (ТП) можно представить в виде системы его состояний (рисунок 1, 2) с разбивкой на отдельные элементы или этапы: добыча, фракционирование и погрузка в речные суда, перевозка и выгрузка в конечном пункте и т.д., выполняемых последовательно [1].

В поставленной задаче затраты на любом этапе не зависят от работы, выполняемой на предыдущем этапе, поэтому она является задачей многоэтапного планирования и для ее решения может быть использован метод динамического программирования. Цель системной динамики – понять, как и почему изменяется поведение системы и затем исследовать способы и методы для повышения производительности системы. Структура системы при использовании данного метода представлена петлевыми причинно-следственными диаграммами, которые отражают основные механизмы обратной связи [2].

Для математического представления задачи введем следующие обозначения:

$$j = \begin{cases} 1, 2, \dots, l & \text{при } i = 1 \\ 1, 2, \dots, r & \text{при } i = 2 \\ 1, 2, \dots, g & \text{при } i = 3 \end{cases} \quad (1)$$

где  $i = 1, 2, 3, \dots, m$  – признаки выполняемой работы или этапы (добыча, фракционирование, погрузка, перевозка, выгрузка и т.д.);

$j$  – признак типа машины, используемой на добыче, перегрузке и фракционирования, или флота;

$x_{ij}$  – тип машины или флота (состояние груза), используемых на  $i$ -том этапе;

$z_{ij}$  – приведенные затраты на  $i$ -том этапе, при использовании  $j$ -го типа машины или флота, руб.;

$\mathcal{G}_i$  – вариант сочетания различных типов машин и флота на  $i$ -том этапе (управление системой возможных состояний груза на  $i$ -том этапе).

Задача выбора оптимальных технических средств добычи, фракционирования, перегрузки и перевозки НСМ, при фракционировании на плаву может быть сформулирована следующим образом. Имеются  $l$  типов машин для добычи, фракционирования и погрузки НСМ в начальном пункте,  $r$  типов флота и  $q$  типов машин в конечном пункте. На каждом этапе может быть использовано любое сочетание маши и флота (управление возможным состоянием груза) –  $\mathcal{G}_i(l \cdot r; r \cdot q)$ , из которых необходимо выбрать такое, которое обеспечило бы минимальные суммарные затраты по всем (трем) этапам ТП перемещения груза [3]. Аналогично можно сформулировать задачу при фракционировании НСМ на берегу представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Задача при фракционировании НСМ на берегу

Этап	первый			второй		третий		Этап
вид работы	начало фракционирования и погрузки	добыча, фракционирование и погрузка	конец погрузки, начало перевозки	перевозка	конец перевозки, начало выгрузки	выгрузка	конец выгрузки	вид работы
оптимальный тип механизации добычи, фракционирования и погрузки, $x_{нач.}^*$	тип механизации погрузки, $x_{нач. j}$	затраты по добыче, фракционированию и погрузке, руб./т, $z_1$	тип флота, $x_{ij}$	затраты по погрузке, руб./т, $z_2$	тип флота, $x_{2j}$	затраты по выгрузке, руб./т, $z_3$	тип механизации выгрузки, $x_{кон. j}$	оптимальный тип механизации выгрузки, $x_{кон.}^*$

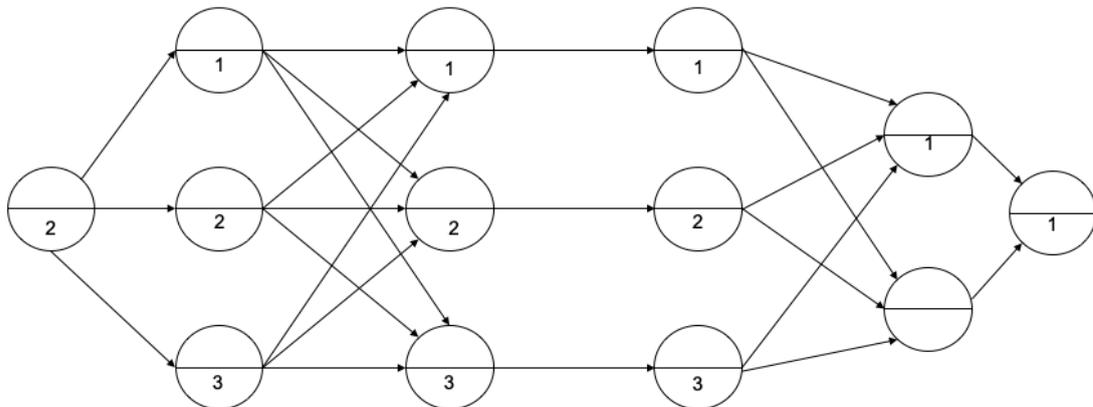


Рисунок 1 – Система возможных состояний груза и модель вычислительного процесса при классификации НСМ на плаву

Под управлением системой возможных состояний груза при выполнении ТП в целом понимаем принятие решения по выбору рациональных типов технических средств на всех этапах ТП представлена в таблице 2. Управлением  $\mathcal{G}_i$  на  $i$ -ом этапе ТП является принятие решения по выбору технических средств только на  $i$ -ом этапе. Посредством управления  $\mathcal{G}_i$  можно переводить груз из одного состояния  $x_{i-1}$  достигнутого в  $i-1$  этапе, в следующее  $x_i$  состояние, т.е. имеется зависимость:

$$x_i = (x_{i-1}, \mathcal{G}_i). \quad (2)$$

Физически эта зависимость означает, что груз можно перевести из одного состояния в другое, например, перегрузить из судна на берег, с помощью управления  $\mathcal{G}_i$ , т.е. путем принятия решения о выборе определенной перегрузочной машины для разгрузки судна.

С помощью управлений  $\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2, \dots, \mathcal{G}_m$  груз перемещается из начального состояния  $x_{нач.}$  в конечное  $x_{кон.}$  за  $m$  этапов с суммарными затратами:

$$Z_{np.} = \sum_{i=1}^m Z_i(x_{i-1}, \mathcal{G}_i), \text{ руб.}, \quad (3)$$

где  $Z(x_{i-1}, \mathcal{G}_i)$  – затраты на  $i$ -ом этапе, т.е. при выполнении  $(i - 1)$  этапа.

Таблица 2 – Принятие решения по выбору рациональных типов технических средств на всех этапах ТП

Этап	первый			второй		третий	четвертый		пятый		Этап	
вид работы	начало погрузки	добыча и погрузка	конец погрузки, начало перевозки	перевозка	конец перевозки, начало выгрузки	выгрузка	конец выгрузки, начало фракционирования	фракционирование на берегу	конец фракционирования, начало погрузки в суда	перегрузка в суда фракционированных НСМ	конец погрузки	вид работы
оптимальный тип механизации добычи и погрузки, $x_{нач.}$	тип механизации погрузки, $x_{нач. j}$	затраты по добыче и погрузке, руб./т, $Z_1$	тип флота, $x_{ij}$	затраты по погрузке, руб./т, $Z_2$	тип флота, $x_{2j}$	затраты по выгрузке, руб./т, $Z_3$	тип механизации выгрузки, $x_{3j}$	затраты по фракционированию, руб./т, $Z_4$	тип фракционирующего устройства, $x_{4j}$	затраты по погрузке, руб./т, $Z_5$	тип механизации выгрузки, $x_{кон. j}$	оптимальный тип механизации выгрузки, $x_{кон.}$

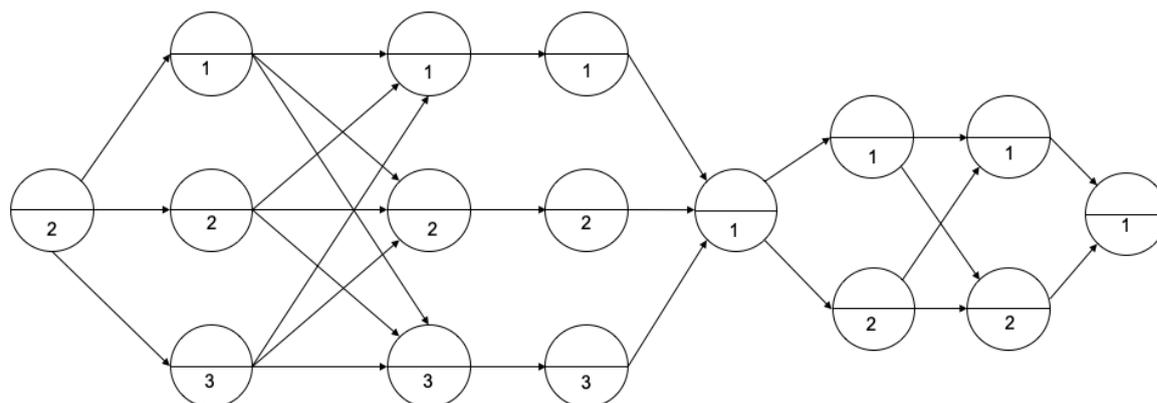


Рисунок 2 – Система возможных состояний груза и модель вычислительного процесса при классификации НСМ на берегу

Область начальных состояний груза  $\bar{x}_{нач.}$  представлена (рисунки 1 и 2) в виде совокупности возможных  $j$ -ых вариантов, например, вариант  $j = 1$  – добыча и погрузка осуществляется землесосом, вариант  $j = 2$  добыча и погрузка производится земмашиной и т.д.

Область конечных состояний груза  $\bar{x}_{кон.}$  представлена также несколькими возможными вариантами, количество которых определяется числом технических средств, применяемых для осуществления последнего этапа ТП. Отметим, что рассматриваемые типы технических средств для погрузки, выгрузки, классификации и перевозки НСМ известны, поэтому можно считать заданными области начальных и конечных состояний груза. В этом случае задачу определения оптимальных технических средств (из числа рассматриваемых) для обеспечения ТП (рисунки 1 и 2) можно сформулировать следующим образом: задана область начальных  $\bar{x}_{нач.}$  и конечных  $\bar{x}_{кон.}$  состояний груза и требуется определить оптимальное начальное состояние  $\bar{x}_{нач.}^*$   $\in \bar{x}_{нач.}$  и оптимального уравнения  $\mathcal{G}_1^*, \mathcal{G}_2^*, \dots, \mathcal{G}_m^*$  на каждом этапе ТП так, чтобы после  $m$  шагов груз был перемещен в область конечных состояний  $\bar{x}_{кон.}$  и при этом критерий оптимизации  $\mathcal{Z}_{пр}$  имел бы наименьшее значение [4].

Рассматриваемый ТП (рисунки 1 и 2) считаем дискретным из-за целочисленности этапов и технических средств, детерминированным с ограниченным временем действия, необходимым для выполнения этапа ТП (добыча и погрузка, перевозка, выгрузка и др.) по переводу груза из одного состояния в другое. С учетом указанных условий, а также ввиду многоэтапности ТП и последовательности выполнения этапов сформулированная выше задача может быть решена методом динамического программирования, разработанного Р. Беллманом. В его основе положен принцип, состоящий в том, что каково бы ни было начальное состояние  $x_0$  и начальный параметр управления системы  $\mathcal{G}_1$ , последующий выбор параметров управления  $\mathcal{G}_2, \mathcal{G}_3, \dots, \mathcal{G}_m$  должен составить оптимальную стратегию и, применительно к нашей задаче, критерий оптимизации  $\mathcal{Z}_{пр}$  оставшихся  $m$  этапов должен принимать минимальное значение.

Для дискретных технологических процессов обычно применяется рекуррентный (последовательный) метод поиска оптимального управления. Аддитивный критерий  $\mathcal{Z}_{пр}$  полностью отвечает этому методу, так как получается последовательным суммированием частных значений функции  $\mathcal{Z}_{пр}$  на отдельных этапах вычислительного процесса.

Принцип динамического программирования предусматривает при движении от последнего этапа к начальному определению оптимального значения критерия оптимизации и условного оптимального управления на каждом этапе. При обратном движении устанавливается закон оптимального управления на всех этапах и конечное состояние процесса при оптимальном управлении.

Оптимальное управление, выбранное при определенном условии относительно того, что завершился предыдущий этап, называют условным оптимальным управлением. Когда процесс поиска доведен до начального состояния, начинается обратное движение для синтеза оптимальной стратегии так, что на каждом этапе из множества условных оптимальных управлений выбирается только одно [5].

Алгоритм решения последовательной задачи разработан для условий Томского речного порта, в которой рассмотрен ТП перемещения НСМ в виде системы с разбивкой на следующие этапы.

При классификации на плаву (рисунки 1, 3).

1. Добыча, фракционирование и погрузка гравия с размерами фракций 20 и более мм в суда местного флота, а гравия с размерами фракций 5–20 мм – в транзитные суда.
2. Перевозка гравия с размерами фракций более 20 мм местным флотом.
3. Выгрузка гравия с размерами фракций более 20 мм на причалы Томского дробильно-щебеночного завода.

При классификации на берегу (рисунки 2, 4).

1. Добыча и погрузка НСМ в суда местного флота.
2. Перевозка в судах.
3. Выгрузка на причале завода, фракционирование НСМ.
4. Фракционирование НСМ на берегу.
5. Погрузка гравия с размером фракций 5–20 мм в транзитные суда.

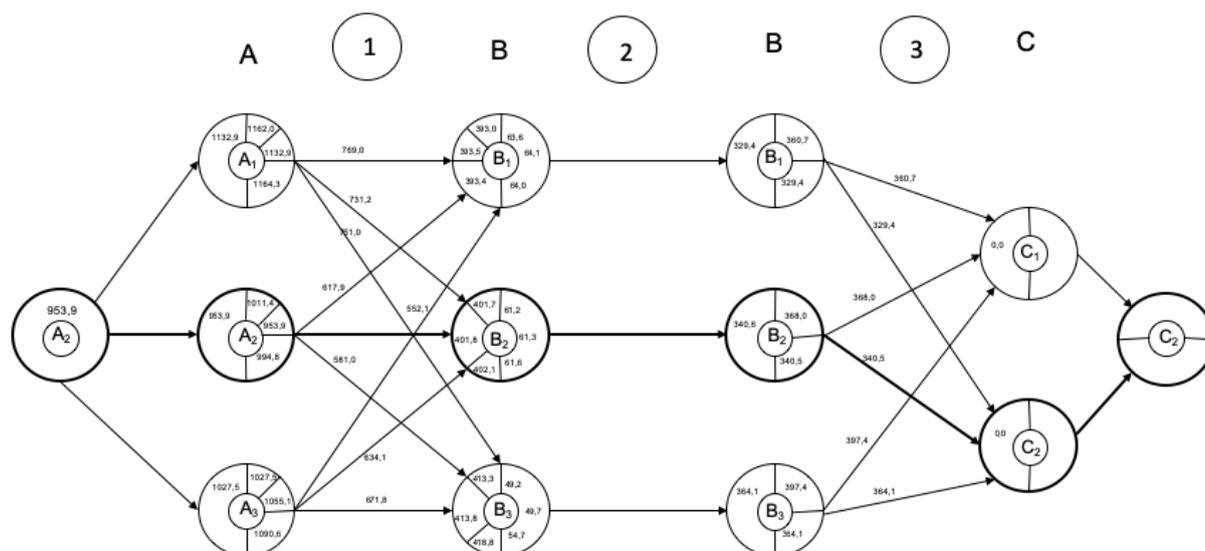


Рисунок 3 – Последовательность решения задачи с разбивкой на этапы (классификация на плаву)

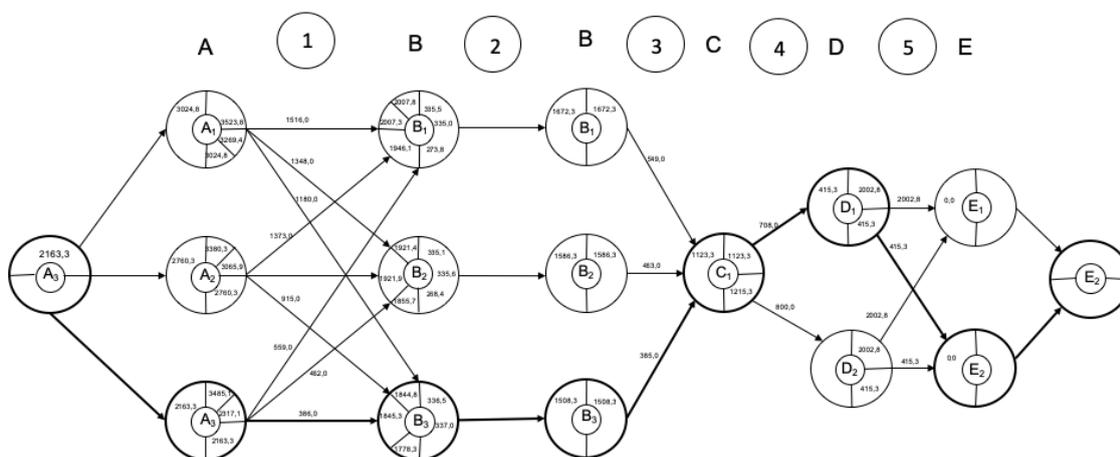


Рисунок 4 – Последовательность решения задачи с разбивкой на этапы (классификация на берегу)

Рассмотрим решение последовательной задачи с помощью сетевого (графического) метода численного расчета. На рисунках 3, 4 представлены ТП добычи, перевозки и выгрузки, и фракционирования НСМ соответственно на плаву и на берегу, которые также можно рассмотреть как графическую модель вычислительного процесса [6].

На рисунке 3 приняты следующие обозначения:

$A_1$  – землесос производительностью  $650 \text{ м}^3/\text{час}$ . и баржа, на которой установлен гидроклассификатор (приставка);

$A_2$  – многочерпаковый снаряд производительностью  $350 \text{ м}^3/\text{час}$ ., оборудованный виброгрохотом и устройствами для погрузки судов с обоих берегов;

$A_3$  – плавучий кран грузоподъемностью 15 т с приставкой, запроектированной для фракционирования НСМ;

$B_1$  – баржа – площадка грузоподъемностью 600 т (проект 564) с буксиром (проект 911);

$B_2$  – баржа – площадка грузоподъемностью 1000 т (проект 942) с буксиром (проект 908);

$B_3$  – баржа – площадка грузоподъемностью 1750 т (проект 459А) с буксиром (проект 908);

$C_1$  – порталный кран грузоподъемностью 5 т, установленный на железобетонной стенке из массивов-гигантов;

$C_2$  – плавучий кран грузоподъемностью 5 т, установленный у естественного берега.

Здесь и далее в расчет вводится только одна перегрузочная машина каждого типа, имеющая оптимальную производительность для заданных условий работы.

На рисунке 4 приняты следующие обозначения:

$A_1$  – землесос производительностью 650 м<sup>3</sup>/час.;

$A_2$  – многочерпаковый снаряд производительностью 350 м<sup>3</sup>/час, оборудованный виброгрохотом и устройствами для погрузки судов с обоих берегов;

$A_3$  – плавучий кран грузоподъемностью 15 т с приставкой;

$B_1$  – состав из: баржа – площадка грузоподъемностью 600 т (проект 564) с буксиром (проект 911);

$B_2$  – состав из: баржа – площадка грузоподъемностью 1000 т (проект 942) с буксиром (проект 908);

$B_3$  – состав из: баржа – площадка грузоподъемностью 1750 т (проект 459А) с буксиром (проект 908);

$C_1$  – плавучий кран грузоподъемностью 5 т, установленный у естественного берега;

$D_1$  – установка для фракционирования на берегу (виброгрохот на металлической опоре с системой транспортеров);

$D_2$  – гидроклассификатор, в который НСМ подаются землесосом типа ВТМ-1 по береговым трубопроводам;

$E_1$  – порталный кран грузоподъемностью 5 т, установленный на вертикальной железобетонной стенке из массивов-гигантов;

$E_2$  – погрузочная машина транспортерного типа, производительностью 500 т/час.

1, 2, 3, 4, 5 – этапы ТП, соответствующие вышеприведенному описанию.

В разрывах линий (рисунки 3, 4), показывающих определенную технологическую связь, указаны числовые значения полных экономических затрат (тыс. руб.) на определенном этапе и по определенной технологической связи. В правой части каждого круга (кроме этапа перевозок) показаны общие суммарные полные экономические затраты по всем этапам перемещаясь от конца ТП к началу и соответствующие определенной технологической связи. В левой части каждого круга указаны такие суммарные полные экономические затраты, соответствующие условным оптимальным управлениям  $\mathcal{G}_i^*$  на всех этапах ТП, перемещаясь от конечного этапа к начальному [7].

При графическом методе расчета суммарные полные экономические затраты определяются последовательно сложением затрат предыдущего этапа, соответствующего условно оптимальному управлению, с затратами рассматриваемого этапа.

Расчеты показывают, что наименьшие суммарные полные экономические затраты при фракционировании НСМ на берегу значительно выше наименьших суммарных полных экономических затрат при фракционировании НСМ на плаву. Следовательно, оптимальные технические средства соответствуют фракционированию НСМ в Томском речном порту на плаву.

Таким образом для условий Томского речного порта рекомендуется следующий технический комплекс:

- многочерпаковые снаряды производительностью 350 м<sup>3</sup>/час, оборудованные виброгрохотами и погрузочными средствами, обеспечивающими одновременную загрузку двух судов, в количестве 4 единиц;

- состав из баржи – площадки грузоподъемностью 1000 т (проект 942) и буксира (проект 908). Потребное число барж составляет 4 единицы, буксиров – 1 единица;

- плавучие краны грузоподъемностью 5 т в количестве 4 единиц [8].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кадникова, Е. С. Проектирование транспортных систем с использованием экономико-математических методов / Е. С. Кадникова, Н. С. Кадников, М. Г. Хвостикова // НАУЧНЫЕ ДИСКУССИИ в ЭПОХУ ГЛОБАЛИЗАЦИИ : материалы XXIII Всероссийской научно-практической конференции, Смоленск, 08 декабря 2022 года. – Смоленск: ООО "Полиграф", 2022. – С. 315-317. – EDN LJNLQC.
2. Кадникова, Е. С. Проблемы коммерческого обеспечения грузовых операций, выполняемых в речных портах / Е. С. Кадникова // Логистика - Евразийский мост : Материалы XVIII Международной научно-практической конференции, Красноярск, 27–30 апреля 2023 года. Том Часть 1. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 124-127. – EDN LDAPXO.
3. Оптимизация работы портов и комплексная механизация перегрузочных процессов. – Сб. науч. тр. Выпуск 130. – Новосибирск, 1977, - 86 стр.

#### REFERENCES

1. Kadnikova, E. S. Design of transport systems using economic and mathematical methods / E. S. Kadnikova, N. S. Kadnikov, M. G. Khvostikova // SCIENTIFIC DISCUSSIONS IN THE AGE OF GLOBALIZATION: materials of the XXIII All-Russian Scientific and Practical Conference, Smolensk, December 08, 2022. – Smolensk: Polygraph LLC, 2022. – P. 315-317. – EDN LJNLQC.
2. Kadnikova, E. S. Problems of commercial support for cargo operations performed in river ports / E. S. Kadnikova // Logistics - Eurasian Bridge: Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, April 27–30, 2023. Volume Part 1. – Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2023. – P. 124-127. – EDN LDAPXO.
3. Optimization of port operations and comprehensive mechanization of transshipment processes. – Sat. scientific tr. Issue 130. – Novosibirsk, 1977, - 86 pages.
4. Bellman G., Glinsberg I. Some questions of the mathematical theory of control processes. M., "Foreign Literature", 1962.

4. Беллман Г., Глинсберг И. Некоторые вопросы математической теории процессов управления. М., «Иностранная литература», 1962.

5. Гдалевич С.С. Оптимизация комплексного выбора технических средств доставки грузов на речном транспорте. Автореферат на соискание ученой степени канд.эконом.наук. М., 1967.

6. Поспелова А.Н. Обоснование оптимальных типов фронтальной механизации и флота с использованием метода динамического программирования. Труды НИИВТа, вып.66, 1971.

7. Яичников Н.М. Исследование оптимальной производительности перегрузки навалочных грузов плавучими средствами механизации. НИИВТ, Материалы XIII научно-технической конференции, Новосибирск, 1970.

8. Яичников Н.М. Выбор рациональных машин для добычи, перегрузки и фракционирования гравийно-песчаной смеси Томского месторождения. НИИВТ, Материалы XIV научно-технической конференции, Новосибирск, 1972.

5. Gdalevich S.S. Optimization of a comprehensive selection of technical means of delivering goods by river transport. Abstract for the academic degree of Candidate of Economic Sciences. M., 1967.

6. Pospelova A.N. Justification of optimal types of frontal mechanization and fleet using the dynamic programming method. Proceedings of NIIVT, issue 66, 1971.

7. Yaichnikov N.M. Study of the optimal performance of transshipment of bulk cargo by floating mechanization equipment. NIIVT, Materials of the XIII Scientific and Technical Conference, Novosibirsk, 1970.

8. Yaichnikov N.M. Selection of rational machines for extraction, reloading and fractionation of gravel-sand mixture of the Tomsk deposit. NIIVT, Materials of the XIV Scientific and Technical Conference, Novosibirsk, 1972.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Фракционирование, HCM, речные суда, метод динамического программирования, технологический процесс, этап технологического процесса.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Боровская Юлия Сергеевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Иеликова Гульмира Жаслановна, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Попов Виктор Николаевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ АВТОГИДРОПОДЪЕМНИКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВАРКИ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**А.А. Наприенко**

### **FEATURES OF REPAIR OF METAL STRUCTURES OF AUTO-HYDRAULIC HOISTS USING WELDING**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**A.A. Naprienko** (Senior Lecturer of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article discusses the types of auto-hydraulic lifts, their classification and types of elements of metal structures. An analysis of defects in metal structures that arise during operation, as well as the features of their repair using welding, is presented.

**Keywords:** *Auto-hydraulic lift, metal structure, repair.*

В статье рассматриваются типы автогидроподъемников, их классификация и разновидности элементов металлических конструкций. Приведен анализ дефектов металлоконструкций, возникающих в процессе эксплуатации, а также особенности их ремонта с применением сварки.

На сегодняшний день на предприятиях России эксплуатируются различные типы подъемно-транспортных машин. Выбор типа машин завит от множества факторов, таких как вид производства, характеристика условий эксплуатации, необходимая производительность, объем грузооборота, тип груза и прочее.

Свою нишу на предприятиях различных отраслей промышленности, таких как строительство, энергетика, коммунальное хозяйство и прочее, заняли автогидроподъемники. Автогидроподъемник – это самоходная специализированная техника, которая необходима для выполнения работ на высоте.

Классифицируются автогидроподъемники по различным признакам: в зависимости от технических параметров, по типу гидравлических подъемников, по конструкции шасси, по типу привода, по конструкции стрелового устройства, по углу поворота. Основным техническим параметром автогидроподъемников является высота подъема и грузоподъемность, поэтому и в основу классификации положены эти два параметра. В зависимости от высоты подъема автогидроподъемники бывают минивысотные, средневысотные, сверхвысотные. Грузоподъемность во многом зависит от высоты подъема, таким образом минивысотные вышки имеют грузоподъемность до 250 кг, средневысотные и сверхвысотные имеют грузоподъемность от 250

до 300 кг. По типу автогидроподъемники могут быть: телескопические, коленчатые, коленчато-телескопические, а также ножничные.

Рассматривая вопрос ремонта металлоконструкций автогидроподъемников, в первую очередь необходимо провести анализ конструктивных особенностей данных машин, материалов, которые применяются для изготовления металлоконструкций и нормативной документации, регламентирующей производство ремонтных работ.

Более подробно рассмотрим разновидности автогидроподъемников в зависимости от конструктивных особенностей металлоконструкций. По конструкции стрелы автогидроподъемники бывают с телескопической стрелой коробчатого сечения, коленчатые, решетчатые выдвигные (по-другому их называют лестничные), а также коленчато-телескопические, у которых секции стрелы у основания являются коленчатыми, а головная секция – выдвигной. По конструкции шасси автогидроподъемники можно классифицировать по двум типам - это сконструированные на базе современных серийных автомобилей, либо на базе прицепа, который может прикрепляться практически к любому транспорту. В качестве серийных используют шасси автомобилей УАЗ, ЗИЛ, Камаз и другие.

К металлоконструкции автогидроподъемников относят следующие элементы:

- опорную раму, состоящую из продольных и поперечных балок, чаще всего коробчатого сечения;
- опорно-поворотное устройство, включая элементы под крепление стрелы, проушины под крепление гидроцилиндров ориентации люльки и подъема стрелы;
- направляющие короба выдвигных опор;
- стойка транспортного положения стрелы;
- надрамник, соединяющий опорной раму автогидроподъемника с кабиной;
- стрелу;
- люльку, включая элементы крепления люльки к стреле.

Выбор технологии проведения сварочных работ при ремонте металлоконструкций во многом зависит от марки металла, из которого изготовлен тот или иной элемент. Марка металла должна быть указана в паспорте машины или в инструкции по эксплуатации. По анализу типов автогидроподъемников, эксплуатируемых на предприятиях, лидируют автовышки типа «ВС», серии «АПТ», «ПСС», «АП», и последнее время все чаще выбор предприятий при приобретении автогидроподъемников падает на вышки Чайка-Socage. Элементы металлоконструкций подъемников перечисленных серий изготавливаются из различных марок сталей. Например, у автовышек «ВС» опорная рама, поворотная рама, выносные опоры, стрела изготавливаются из стали марки СтЗсп5 и СтЗпс5 по ГОСТ 14637-89. Металлоконструкции автовышек АПТ изготавливаются из стали марки 09Г2С по ГОСТ 19281-15. Поворотная рама, стрела, люлька автовышек серии «ПСС» изготавливаются из стали марки 09Г2С, а опорная рама из стали СтЗсп5. Металлоконструкция опорной рамы автогидроподъемника «АП» изготавливается из стали марки 09Г2С, поворотная рама из стали СтЗпс5, а стрела из стали марки Form 500. Опорная рама подъемника марки «Чайка-Socage» изготавливается из стали 09Г2С, стреловое устройство из стали марки Strenx S700, а люлька из алюминиевого сплава.

Согласно приказу Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 ноября 2020 года №461 на автогидроподъемники, предназначенные для перемещения людей и груза, распространяются Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения, утвержденные вышеуказанным приказом. Соответственно весь жизненный цикл машины, будь то наладка, эксплуатация, реконструкция, модернизация, ремонт или утилизация должны осуществляться с учетом требований данных правил.

Деятельность по ремонту автогидроподъемников в процессе эксплуатации должны осуществлять специализированные организации [1]. При этом к ним предъявляется ряд требований, таких как:

- наличие необходимых инженерно-технических работников. В случае выполнения работ по ремонту металлоконструкций с применением сварки (в соответствии с ПБ-03-273-99 «Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства») организация должна располагать аттестованным сварщиком и специалистом сварочного производства как минимум третьего уровня, который осуществляет руководство и технический контроль за проведением сварочных работ, включая подготовку технической документации сварочных работ,

разработку производственно-технологической и нормативной документации;

- наличие необходимых материалов, инструментов, оборудования, для выполнения работ по резке, правке и сварке металла, обеспечивающих возможность выполнения заявленных видов работ, при этом при выполнении сварочных работ оборудование должно быть аттестовано, в соответствии с РД 03-615-03 «Порядок применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов». Металл и сварочные материалы, используемые при ремонте, должны иметь необходимые сертификаты качества, а также пройти входной контроль по проверке основных параметров. Проверяемые параметры качества металлического проката и сварочных материалов должны быть определены технологическим процессом на ремонт с учетом нормативно-технической документации;

- определение процедуры контроля соблюдения технологических процессов, для этого ремонтная организация должна разработать и аттестовать, в соответствии с РД 03-615-03 технологический процесс сварки, который описывает все основные этапы проведения сварочных работ, начиная от выбора и входного контроля материалов, заканчивая контролем качества выполненных работ.

Проанализировав дефектные ведомости автогидроподъемников, можно сделать о том, что в процессе эксплуатации автогидроподъемников значительная доля неисправностей приходится на металлоконструкции. По результатам анализа дефектных и ремонтных ведомостей выявлено, что наиболее дефекты металлоконструкций возникают в следующих узлах:

- основание люльки;
- стойка люльки, листовая обшивка настила;
- стрела;
- элементы крепления люльки к стреле, элементы крепления стрелы к поворотной раме;
- надрамник, места сопряжения надрамника с продольной балкой;
- продольная балка / коробка выдвижных опор;
- стойка транспортного положения стрелы, места сопряжения стойки транспортного положения стрелы с надрамником.

Дефекты металлоконструкций различного наименования и происхождения – это дефекты сварных швов (в основном трещины, реже разрывы), дефекты основного металла (трещины, вмятины, разрывы, недопустимые загибы). Причиной возникновения дефектов является в первую очередь физическое старение, вследствие длительной эксплуатации и зачастую неправильная эксплуатация и ремонт.

Рассматривая вопрос ремонта металлоконструкций, важным аспектом является характер возникающих дефектов. В зависимости от типа дефектов, их происхождения, величины, локализации принимается решение о возможности проведения ремонта (в некоторых случаях из-за значительного распространения дефекта или недопустимых отклонений основных контролируемых параметров, элемент металлоконструкции бракуется и на его место устанавливается новый), выбирается метод ремонта, технология проведения, а также необходимость дополнительного усиления ремонтируемого узла

Выбор метода ремонта зависит от вида дефекта – вмятина, трещина или разрыв. Наиболее распространенным дефектом среди перечисленных является трещины, при этом они могут локализоваться в сварном шве, в околошовной зоне либо в основном металле, зачастую трещина от сварного шва переходит на основной металл (рисунок 1). Ремонт данных дефектов должен выполняться в соответствии с технологическим процессом, РД 24.090.97-98 и РД 36.62.00. Например, в случае когда трещины по сварному шву переходят на основной металл, сварной шов удаляется, трещина по основному металлу засверливается сверлом диаметром в два раза больше ширины трещины (трещины в основном металле поврежденного элемента необходимо засверлить по концам на всю толщину) зачищается с последующим наложением нового сварного шва и заваркой трещины по основному металлу.

При необходимости заваренная трещина может быть усилена накладкой или косынкой (рисунок 2).

Зачастую дефекты возникают в элементах, уже подвергавшихся ремонту, это связано либо с нарушением технологии проведения ремонта, либо с некачественно выполненным ремонтом. Например, на рисунке 3 можно увидеть трещины по ремонтному сварному шву. Невооруженным глазом видно, что ремонт выполнен с нарушением требований, не выдержаны размеры сварного шва, установленные нормативными документами на сварку, шов

выполнен некачественно, и скорее всего в элементе крепления стойки было трещина по основному металлу. В подобных случаях удалить дефектный сварной шов недостаточно, а необходимо заменить весь элемент, в данном случае пластина крепления стойки транспортного положения стрелы к надрамнику.



Рисунок 1 – Дефект опорной рамы – трещина по сварному шву с переходом на основной металл



Рисунок 2 – Трещина по сварному шву с переходом на основной металл после ремонта, с установкой элемента усиления в виде косынки



а)

б)

Рисунок 3 – Ремонт основания стойки транспортного положения стрелы - трещина по ремонтному сварному шву: а) до ремонта б) после ремонта

Трещина, как и любой дефект, в сплошном теле, передающем усилия, является концентратором напряжений. Как один из самых опасных дефектов, способных при определенных условиях привести к мгновенному, катастрофическому разрушению, требует самого тщательного подхода к его устранению.

Дефекты металлоконструкций относятся к одним из самых опасных. Несвоевременное их обнаружение и ремонт может привести не только к более трудоемким ремонтам, но и к разрушению металлоконструкции машины и к жертвам. Поэтому осмотр металлоконструкций необходимо производить в строгом соответствии с нормативной документацией (при экспертизе – для машин с отработавшим сроком службы, и в соответствии с картой технического обслуживания и ремонтов с периодичностью установленной инструкцией по эксплуатации). В случае обнаружения дефекта последующую эксплуатацию возобновить только после ремонта в специализированной организации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 36-62-00. Серия 10 Документы по безопасности, надзорной и разрешительной деятельности в области надзора за подъемными сооружениями Выпуск 9 промышленная безопасность при эксплуатации подъемных сооружений. – Москва: ЗАО НШ ПБ, 2010. – 151с
2. РД 24.090.97-98. Руководящий документ. Оборудование подъемно-транспортное. Требования к изготовлению, ремонту и реконструкции металлоконструкций грузоподъемных кранов. – Москва : Издание официальное, 1998. – 37с.
3. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 ноября 2020 г. N 461 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения"

REFERENCES

1. RD 36-62-00. Series 10 Documents on safety, supervisory and licensing activities in the field of supervision of lifting structures Issue 9 industrial safety during the operation of lifting structures. – Moscow: ZAO NSCH PB, 2010. – 151 p.
2. RD 24.090.97-98. The guidance document. Lifting and transport equipment. Requirements for the manufacture, repair and reconstruction of metal structures of lifting cranes. – Moscow: Official publication, 1998. – 37 p.
3. Order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision of November 26, 2020 N 461 On approval of Federal norms and rules in the field of industrial safety "Safety rules for hazardous production facilities that use lifting structures"

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*Автогидроподъемник, металлоконструкция, ремонт.*

*Наприенко Анна Андреевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ РЕЧНОГО ПОРТА**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**Ю.С. Боровская, В.Ю. Зыкова**

**THE CONTENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF THE RIVER PORT**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**Y.S. Borovskaya** (Senior Lecturer of SSUWT)

**V.Y. Zyкова** (Senior Lecturer of SSUWT)

**ABSTRACT:** This article discusses the main stages of the technological processes of the port, issues related to the specifics of the design, compilation and coordination of technological processes of the river port. The characteristics of the main documentation of the technological process of the river port, the rules for compiling these documents and additional measures that are necessary for smooth operation during transshipment operations using a single technology are given.

**Keywords:** *The river port, the technological process of the river port, the technological map, the technical and administrative act, the standard technological cycle, the unified schedule for processing a river vessel.*

В данной статье рассмотрены основные этапы технологического процесса работы порта, особенности оформления, составления и согласования технологических процессов работы речного порта. Приведена характеристика основной документации технологического процесса, правила составления этих документов и дополнительные мероприятия, которые необходимы для бесперебойной работы при ведении перегрузочных работ по единой технологии.

Значимая роль транспорта в жизни общества бесспорна, в том числе его влияние на социальные, экономические и внешнеполитические аспекты. Развитие транспорта определяет уровень цивилизации в стране и оказывает влияние на экономический рост за счет

повышения производительности труда на предприятиях транспорта и сокращение времени доставки. Кроме того, велико значение транспорта для интеграции России в мировую экономическую систему и рациональное использование ее богатств [1].

Речной порт играет значимую роль в транспортной инфраструктуре государства, выполняя функцию связующего звена между городами, расположенными на реках и каналах. Функционирование порта как транспортного узла подразумевает выполнение ряда последовательных операций, каждая из которых обладает своими специфическими требованиями к организации и осуществлению. В этой статье мы рассмотрим ключевые стадии технологического процесса, происходящего в порту, их наполнение, основную документацию и принципы, на которых базируется работа порта.

Технологический процесс функционирования порта можно описать как комплекс мер, направленных на обработку судов с момента их прихода в порт и до момента их отправления в рейс. В рамках этого процесса выполняются работы по разгрузке и загрузке судов, их техническому обслуживанию, а также оформлению необходимой документации.

Технологический процесс в порту должен обеспечивать:

- обработку судов в соответствии с графиком работы флота и договорными обязательствами по перевозке грузов;
- максимально эффективное использование причальной линии;
- повышение производительности портовых рабочих и экипажей судов, снижение стоимости погрузочно-разгрузочных работ и увеличение их рентабельности;
- соблюдение требований техники безопасности;
- обеспечение сохранности грузов и соблюдение требований по охране окружающей среды.

Остальные этапы работы порта, такие как подготовка к приему грузовых судов, разгрузка грузов и передача их получателям, в основном состоят из операций, схожих с теми, что выполняются при приеме грузов от отправителей, подготовке к приему судов и загрузке грузов.

Некоторые изменения в составе операций этих процессов вызываются главным образом технологией выполняемых работ. К примеру, при подготовке порта к приему груженого судна возникает необходимость в проведении операций, связанных с подготовкой (подачей) порожних железнодорожных вагонов, подготовкой складских помещений.

Основная документация технологического процесса работы речного порта:

- технико-распорядительный акт;
- технологические карты загрузки и разгрузки речных судов;
- типовые технологические циклы полной обработки речных судов/составов (технологические процессы полной обработки речных судов или составов);
- график полной обработки речных судов (единый план-график обработки речных судов или составов).

Дополняют эту документацию план организационно-технических мероприятий по выполнению технологического процесса работы речного порта.

Технико-распорядительный акт (таблица 1) указывает назначение, технические возможности и порядок использования производственных подразделений, перегрузочных средств и другого оборудования речного порта.

К указанному акту прилагаются схема расположения грузовых районов, причалов, баз и рейдов, а также схема диспетчерского руководства работой речного порта. Основой для составления этого акта является технический паспорт речного порта. Если обработка транспортного флота производится и на причалах клиентуры, то соответствующие данные по этим причалам также указывают в технико-распорядительном акте речного порта.

Технологические карты (рисунок 1) загрузки и разгрузки речных судов являются основным руководящим документом для оперативного персонала, производящего перегрузочные работы. В них приводятся рациональный способ грузовой обработки речного судна, расстановка перегрузочных средств и рабочей силы, порядок выполнения основных и подготовительно-заключительных операций, а также нормы производительности и выработки.

Типовой технологический цикл (технологический процесс) полной обработки речного судна представляет собой упорядоченную систему всех действий, совершаемых с судном и регламентированных по времени, от его прибытия в порт до отправления в рейс. Этот процесс разрабатывается для каждого вида судна и типа груза. Для самоходных судов учитываются операции погрузки, выгрузки, паузы и другие. Для буксиров – действия, связанные с

сопровождением и переформированием составов, и т. д. Главная цель – минимизация затрат времени и ресурсов.

Таблица 1 – Техническо-распорядительный акт

№ п/п	Наименование грузовых районов, причалов, баз и рейдов	Кому принадлежат причалы	№ по схеме расположения	Назначение и специализация	Период использования	Длина причала, глубина на подходе у рейда, у причала, базы
1	2	3	4	5	6	7

Продолжение табл. 1 – Техническо-распорядительный акт

Техническая вооруженность	Производительность, т/сут.	Пропускная способность, т/сут.	Кто отвечает за работу данного объекта	Какими рейдовыми и служебно-вспомогательными судами обслуживается
8	9	10	11	12

Порт, пристань \_\_\_\_\_  
Район, причал \_\_\_\_\_

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА № \_\_\_\_\_  
(типовая)

Утверждаю  
Ген. директор порта

Род груза (класс, объёмная масса, масса одного места) \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Подвижной состав	Тип или № проекта	Грузоподъёмность, т	Норма загрузки, т	III. Перегрузочные машины, устройства и приспособления							
				Технологические схемы		Наименование перегрузочных машин, устройств и приспособлений	Тип, группа машин	Грузоподъёмность, т или производительность, т/ч	Количество, ед.		
Судно	Вагон	Автомобиль	№	Наименование							

I. Состав работы по технологическим схемам и вариантам работ				IV. Состав бригады и расстановка рабочих											
Варианты работ	Технологические схемы			Технологические схемы		Период грузовой обработки, сут.	Состав бригады, чел.			Расстановка по операциям, чел.					
	№	наименование	описание работ по схемам	№	Наименование		всего	в том числе		судно	кордон	перечная	вагон	автомобиль	склад
						механические заторы	рабочие								

II. Схема обработки судна (схема складирования груза, схема застропки или пример использования спец. захвата)

V. Нормы перегрузочного процесса									
№	наименование	Период грузовой обработки, сут.	Масса подъёма, т	Норма технической производительности, т/ч	Комплексная норма выработки, т/см	Судочасовая норма, т/ч	Время обработки судна, ч	Кол. вагонов и весовая норма подачи, т	Время обработки подачи, ч

Главный технолог порта \_\_\_\_\_  
Инженер по технике безопасности \_\_\_\_\_

Рисунок 1 – Типовая технологическая карта

При создании типовых технологических процессов важно учесть все действия, которые необходимо выполнить с судном, включая основные (погрузочно-разгрузочные работы и т.д.) и вспомогательные (подход к причалу и т.д.). Важно не только сократить время выполнения каждой операции, но и максимально совместить их по времени. Продолжительность каждой операции определяется на основе фотохронометражных наблюдений или расчетов. Время, необходимое для выполнения грузовых операций у причала, указано в технологических картах. В некоторых случаях типовые технологические процессы могут также указывать ответственных за выполнение каждой операции. Типовой технологический процесс полной обработки речного судна представлен на рисунке 2. Эти процессы должны быть согласованы с графиком движения судов, поэтому время прибытия из рейса, время, необходимое для полной обработки судна в порту, и время отправления в рейс определяются на основе типовых процессов [2].

Единый план-график взаимоувязывает обработку всех речных судов в порту по типовым технологическим циклам полной обработки речных судов/составов с графиком движения и устанавливает: когда и на каких речных причалах должны грузиться (выгружаться) речные суда, когда и на каких базах или рейдах должно производиться техническое обслуживание. Это так называемый плановый график обработки речных судов. Его составляют на одно-, двухсуточном и более полях часовой сетки в зависимости от интервала аналогичной повторяемости прибытия, обработки и отправления речных судов или составов.

Под интервалом аналогичной повторяемости понимается интервал, кратный всем другим, с которыми прибывают, обрабатываются и отправляются речные суда из данного речного порта.

График обработки речных судов составляют на всю навигацию или на отдельные ее периоды в зависимости от периодов действия графика движения флота. В левой части графика по вертикали снизу вверх показывают рейд прибытия, причалы, базы снабжения и ремонта и рейд отправления, а также наименование соответствующих операций и нормы затрат времени на них. На правой части графика (часовое поле) наглядно представлены последовательность и параллельность выполнения всех операций с судами в речном порту. Пример единого плана-графика обработки речного судна (показано согласование работы речного порта и железнодорожной станции) показан на рисунке 3.

Цвет его линий и условные обозначения принимают в зависимости от характера и объема работы речного порта. Плановый график находится в диспетчерской речного порта и является основным руководящим документом для работников диспетчерского аппарата. Здесь же ведется график исполненной обработки судов в речном порту. При отклонении фактической обработки флота от плановой на графике делают отметки о причине вынужденных отклонений для последующих анализа и оценки работы соответствующих подразделений и служб речного порта.

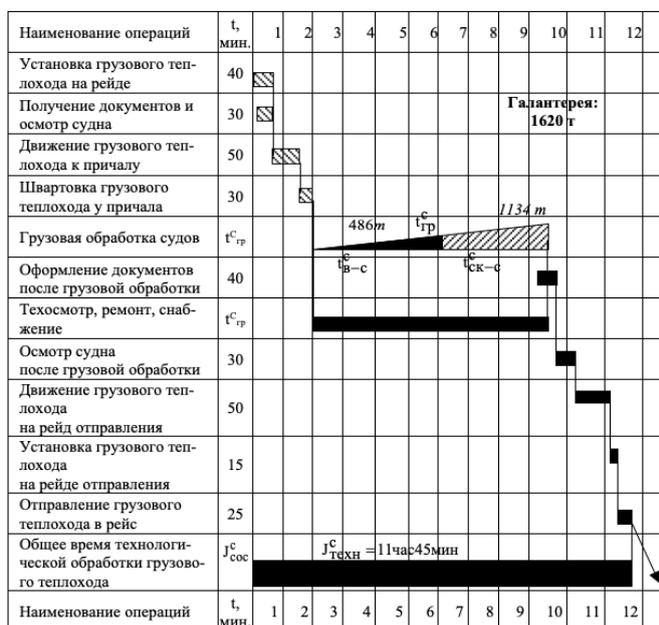


Рисунок 2 – Примерный типовой технологический цикл полной обработки самоходного сухогрузного теплохода

При планировании транспортных операций важно не только определить порядок выполнения каждой задачи, но и синхронизировать их во времени. Это позволяет сократить сроки выполнения перевозок и повышает эффективность работы речного транспорта. Важным фактором является оптимизация процессов, устранение лишних операций и обеспечение последовательности и синхронизации действий во времени.

Таким образом, технологический процесс работы порта является сложным и многоэтапным процессом, который включает в себя ряд операций и процедур. Эффективность работы порта во многом зависит от качества выполнения каждой операции, а также от организации взаимодействия между различными службами и подразделениями порта.

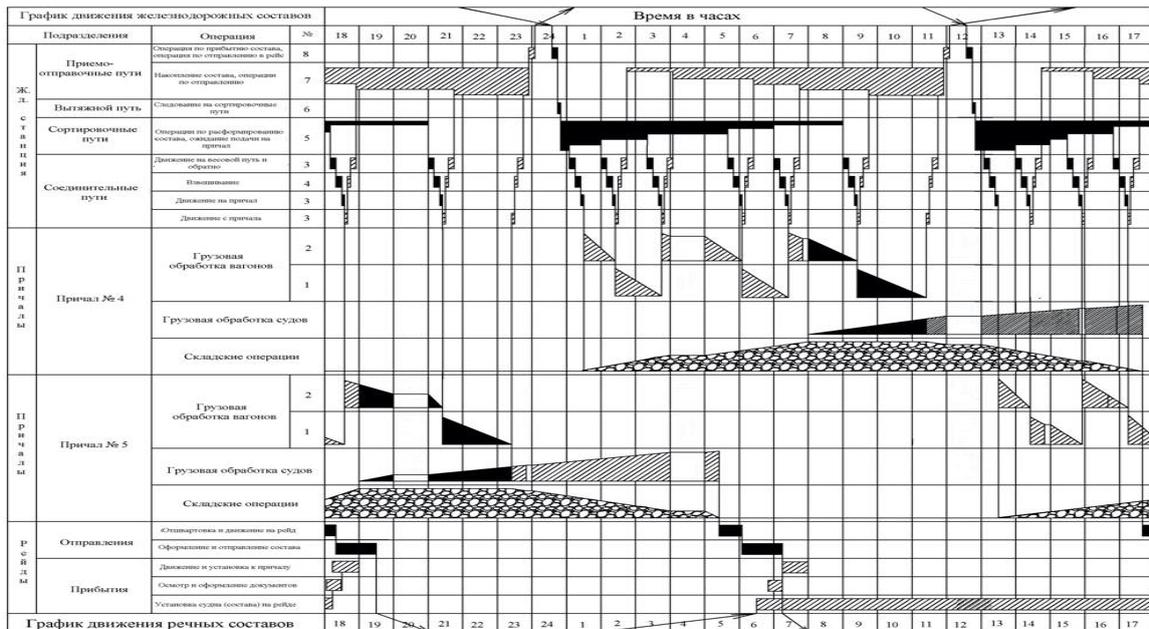


Рисунок 3 – Единый план-график работы речного порта и железнодорожной станции

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кадникова, Е. С. Проблемы коммерческого обеспечения грузовых операций, выполняемых в речных портах / Е. С. Кадникова // Логистика - Евразийский мост : Материалы XVIII Международной научно-практической конференции, Красноярск, 27–30 апреля 2023 года. Том Часть 1. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 124-127. – EDN LDAPXO.

2. Шерле З.П. Организация и механизация перегрузочных работ в речных портах: учебник для реч. училищ и техникумов / З.П. Шерле, А.А. Гнояной: М., «Транспорт», 1976 – 232 с. (181 – 185 с.).

REFERENCES

1. Kadnikova, E. S. Problems of commercial provision of cargo operations performed in river ports / E. S. Kadnikova // Logistics - Eurasian Bridge : Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, April 27-30, 2023. Volume Part 1. – Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2023. – pp. 124-127. – EDN LDAPXO.

2. Sherle Z.P. Organization and mechanization of transshipment operations in river ports: textbook for river schools and technical schools / Z.P. Sherle, A.A. Gnoyany: M., "Transport", 1976 – 232 p. (181 – 185 p.).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Речной порт, технологический процесс работы речного порта, технологическая карта, технико-распорядительный акт, типовой технологический цикл, единый план-график обработки речного судна.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Боровская Юлия Сергеевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Зыкова Валентина Юрьевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕГРУЗКИ ГРУЗОВ В КРУПНОТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРАХ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.П. Носов, И.Е. Аржанов, В.В. Малинов

MODERN TECHNOLOGIES OF CARGO TRANSSHIPMENT IN LARGE-CAPACITY CONTAINERS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

V.P. Nosov (Ph.D. of Technical Sciences, Professor of SSUWT)

I.E. Arzhanov (Student of SSUWT)

V.V. Malinov (Student of SSUWT)

**ABSTRACT:** The analysis of the loading of large-capacity containers with cargoes (metal products, box and others) for their transshipment and transportation by various modes of transport was performed. Cargo handling devices, additional automatic loading devices and devices for the effective placement of goods and their release in large-capacity containers are given.

**Keywords:** Technologies of the transshipment process, transport characteristics, labor-intensive cargoes, transportation efficiency, large-capacity containers.

Выполнен анализ загрузки крупнотоннажных контейнеров грузами (металлоизделия, ящичные и другие) для их перегрузки и перевозки различными видами транспорта. Приведены грузозахватные приспособления, дополнительные автоматические загрузочные

устройства и приспособления для эффективного размещения грузов и их раскрепления в крупнотоннажных контейнерах.

Важной сферой технического прогресса на транспорте и в промышленности является комплексная механизация трудоемких производственных операций, без неё не может быть обеспечен непрерывный рост производительности труда.

В любом технологическом цикле производится перемещение предмета труда (грузов, товаров) в пространстве – как внутри грузо-образующих пунктов, так и в процессе доставки их к местам потребления.

Воздействие на предметы труда по перемещению (грузы и перегрузочные машины) являются важной составной частью не только в процессе производства, но и в сфере потребления.

Доставка речным и морским транспортом грузов до покупателей включает перемещение груза в судах и перегрузочные работы, выполняемые в речных и морских портах с использованием разных технологий перегрузочных процессов и техники.

Речные и морские порты оборудуются основными и вспомогательными перегрузочными машинами: плавучими, порталными и мостовыми кранами, перегружателями для навалочных, насыпных и штучных грузов, установками гидравлического и пневматического транспорта, различными конвейерами, автопогрузчиками, машинами безрельсового транспорта, электропогрузчиками, контейнеровозами [3].

Технологии перевалки металло-проката, труб различных размеров и типов, в основном отличаются используемыми грузозахватными устройствами (ГЗУ). При этом, от степени увеличения грузов и продуктивности применяемых ГЗУ зависит общая высокоэффективность технологических перегрузочных процессов. Продуктивными, универсальными и производительными ГЗУ для металло-проката и труб являются грузоподъемные магниты, однако, не во всех случаях их возможно применять из-за особенностей этих грузов [1], рисунок 1.



Рисунок 1 – Крановая перегрузка металло-грузов магнитными ГЗУ

Продуктивны управляемые и специальные автоматические захваты. В других случаях используют специальные грузозахватные устройства (ГЗУ) с ручной застропкой и автоматической или ручной отстропкой, применяют и цепные стропы, стальные тросовые.

Поступающие в порты грузы автомобильным или железнодорожным видами транспорта и убывающие морем: слябы, листовой прокат поштучно и пачками, трубы малого и среднего диаметра поштучно и пачками - разгружают из полувагонов краном со сдвоенными или строенными (зависит от длины) прямоугольными или круглыми электромагнитами, механизмом управляемого поворота груза вокруг вертикальной оси и электро-страхующим устройством и укладывают на тыльном складе на деревянные подкладки (последние не укладывают между слоями). Перед началом грузовых работ, подкладки укладывает крановщик [1], рисунок 2.



Рисунок 2 – Перегрузка партии листового металла в порту Мариуполя

При перегрузке судов металлические изделия краном с магнитами перекадывают из штабеля на прикормонную площадку или загружают на автомобиль (автотягач с трейлером, двух – или одноосным прицепом, полуприцепом или ролл-трейлером) или тем же способом привозят на причал. Металлические изделия перемещают фронтальными кранами со специальными захватами (трубы среднего диаметра поштучно, сортовой прокат больших профилей поштучно, листовую металл пачками) или при помощи строп (листовую сталь поштучно, трубы и сортовой прокат пачками) и опускают в грузовой трюм судна, рисунок 3.

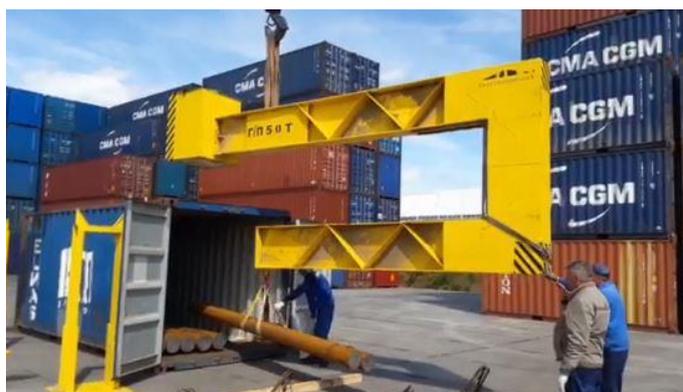


Рисунок 3 – Скоба для перегрузки металлических труб в крупнотоннажные контейнеры

В подпалубное пространство судна металлические изделия спускают по наклонным следам, затяжкой при помощи кантас-блоков или двумя работающими погрузчиками с вилами. Краны с магнитами не могут выполнять работы при прямых вариантах работ и при штабелировании в ярусы на прикормонной территории причала, так как на судовых операциях не разрешается работать магнитным механизмам поворота груза и страхующим устройствам.

Этой технологии требуется специализация склада, огражденная территория и специальное оборудование для кранов. В связи с этим в портах, где не проведены надлежащие работы, перегружают металл без применения магнитов [1].

При загрузке различных грузов в контейнер применяется специальный грузозахват «Скоба». На конце устройства скоба оснащена крюком, подвешенном на стропах. Также возможна установка нескольких крюков на нижней рабочей "Лапе" скобы.

Грузозахват имеет противовес, необходимый для уравновешенного положения устройства с грузом и без груза. Благодаря длинной скобы лапы, равной 6,3 метра, можно загружать и малые рулоны до задней стенки крупнотоннажного контейнера [2].

Другая система – MiSlide™ – предназначена для заполнения легких и тяжелых материалов в 20 и 40-тонные крупнотоннажные контейнеры. Она позволяет обеспечивать быструю, надежную, удобную и безопасную погрузку. Скользящее устройство, реализующее новый способ загрузки, является уникальным в своем роде и имеет ряд достоинств [5], рисунки 4 и 5.



Рисунок 4 – Загрузка металла системой MiSlide™ в крупнотоннажный контейнер

Этот механизм позволяет за пять минут осуществить весь процесс загрузки контейнера, от его прибытия на склад и до отправки. Нынешние устройства, такие как обычная гидравлическая система стыковки с грузовиком, автоматическая фиксация, многофункциональность дистанционного управления допускают оператору во время работы оставаться в кабине, что напрочь исключает возможность получения травм. Система MiSlide™ оборудована точными весами, гарантирующими максимальное заполнение контейнеров [5].

Перегрузочный комплекс (автоматизированный загрузчик контейнеров).

Современные складские комплексы стоят перед задачей увеличения качества перегрузочных работ при уменьшении эксплуатационных затрат.

Система загрузки контейнера приспособлением для автоматизации складской логистики ПРТ 11 200 позволяет экономить материальные средства, труд людей, производить загрузку-выгрузку значительно меньшим количеством рабочих, и обеспечить качество перегрузочных работ [4].



Рисунок 5 – Загрузка металла системой MiSlide™ в крупнотоннажный контейнер

Перегрузочный комплекс (Automatic Container Loader System) допускает загрузку контейнера длинномерными и крупными тяжеловесными грузами без снятия тары контейнера с транспортного средства и необходимости применения другой грузоподъемной техники. Автоматический загрузчик позволяет обеспечить минимальные затраты ручного труда на загрузке контейнера, без использования погрузчика и дополнительных устройств [4], рисунки 6 и 7.

Загрузчик контейнеров позволяет быстро и без аварий организовать процесс перегрузочных работ, удобен для погрузки негабаритных грузов (длинномеров), хрупких или опасных грузов, грузов, требующих особых условий и специального оборудования при перегрузке.

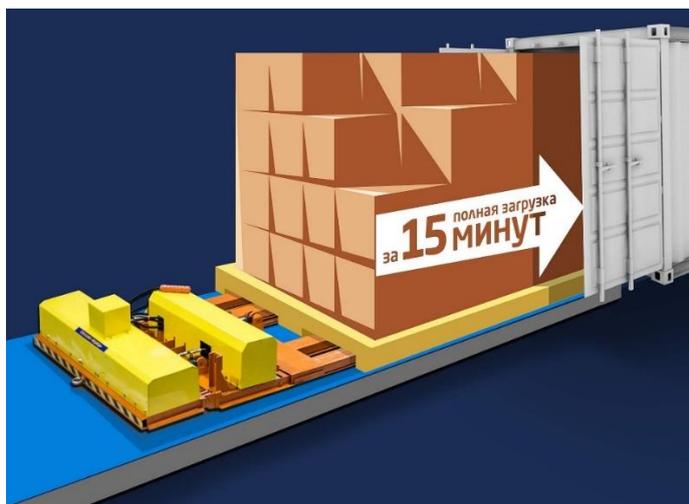


Рисунок 6 – Система ПРТ 11 200 для загрузки крупнотоннажного контейнера

Автоматизация перегрузочных работ позволяет отладить процесс обработки грузов со скоропортящейся пищевой продукцией, удобна для работы с пакетированными материалами (строительные сыпучие материалы, пищевые крупы, ветеринарные корма) [4].

Загрузчик контейнеров ПРТ может быть самоходным и несамоходным. Эти производственные тележки либо въезжают внутрь контейнера на собственном электрическом приводе, либо с помощью погрузчика. Выбор способа загрузки – зависит от рода груза и условий рабочей среды [4].

Что представляет собой контейнерный перегрузочный стол?

В основе механизма – прямоугольная рама с поперечными балками и четырьмя опорами. На опорах расположены четыре гидроцилиндра подъема: они позволяют установить стол на нужной высоте. На балках размещены еще четыре гидроцилиндра, которые отвечают за горизонтальное перемещение платформы, установленной на каретках сверху.

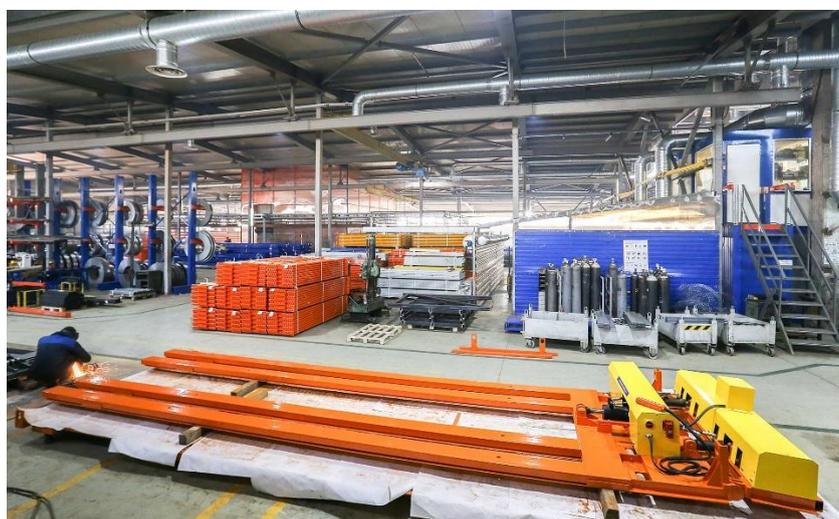


Рисунок 7 – Система ПРТ 11 200 для загрузки крупнотоннажного контейнера

На платформе установлены: четырех-цепной поперечный транспортер и поперечная балка с гидравлическим механизмом – для сцепки стола с корпусом морских контейнеров. Сверху платформы на четырех седлообразных катках смонтирована рама, перемещающаяся по направляющим при помощи транспортера.

Рама связана шарнирами с бункером для металлолома и проката: он может перемещаться по платформе, заходить внутрь контейнера.

С верха рамы установлен толкатель с упорным щитом. Щит расположен внутри бункера, предназначен для выгрузки металлолома из бункера, его проталкивания внутрь контейнера.

На опорных лонжеронах бункера смонтированы скользящие из сверх высокомолекулярного полиэтилена - они важны для уменьшения трения об опорные балки, пол контейнера.

Процесс погрузки грузов в крупнотоннажные контейнеры выглядит так:

- управляющий задает нужную высоту, горизонтальное положение и восемь гидроцилиндров перемещают прямоугольную раму;
- гидравлический механизм сцепляет стол с корпусом контейнера;
- в бункер грузят металлолом, металлопрокат;
- бункер с упорным щитом движется по четырех-цепному поперечному транспортеру и заходит внутрь контейнера;
- по мере вытягивания бункера из контейнера, толкатель освобождает бункер от металлолома;
- транспортер возвращает упорный щит в первоначальное положение.

Преимущества и особенности погрузочного стола, рисунок 8.

1. Работа в жару и в мороз. Перегрузочный стол можно эксплуатировать при температурах от минус 30 до плюс 40 °С. Он применяется в открытых и крытых складах, на производственных базах с особым температурным режимом. Характеристики механизмов не меняются при колебании температур.

2. Большие объемы загрузки. Стол работает с крупнотоннажными контейнерами грузоподъемностью 20, 40, 45 тонн.

3. Регулируемая высота. Высота перегрузочного стола регулируется в диапазоне от 140 до 180 см. Для перегрузки продукции стол можно устанавливать: в производственном цеху, под открытым небом, на любых площадках.

4. Грузоподъемность. Перегрузочный стол перемещает груз до 40 тонн.

5. Скорость подачи. Скорость загруженного транспортера 5 метров в минуту.

6. Легкая транспортировка. Загрузочный стол можно перевозить. Он помещается на любую грузовую платформу.

7. Экономия ресурсов. Применяя механизм перегрузочных столов, экономится время и человеческие ресурсы – не требуется бригада портовых рабочих.

8. Управление. Перегрузочным столом управляет специалист с мобильным пультом [6].



Рисунок 8 – Погрузка металла с помощью перегрузочного стола

Предприятия внутреннего водного транспорта оказывают услуги по перегрузке, перевозке и хранению грузов. Все крупные порты, располагают железнодорожными внутрипортовыми и подъездными путями, которые осуществляют перевалку грузов с железнодорожного на речной транспорт и обратно. С целью дополнительной загрузки и улучшения финансового положения на многих предприятиях открыты филиалы по производству металлопродукции, бетона, добыче песка, сапропеля, выполнению ремонтных и сварочных работ.

Так как работа речных портов носит сезонный характер, то на их территории оборудуются склады для межнавигационного хранения грузов, повышающие занятость рабочих и средств механизации в зимний период, что уменьшает финансовую нагрузку, число занятых специалистов и рабочих, увеличивает рентабельность предприятий речного транспорта.

С повышением рентабельности у предприятий появляются средства и возможности привлечения капитала для модернизации производственного процесса, приобретения новых судов, ремонта причальных и гидротехнических сооружений, решения социальных вопросов [7].

Крупный грузовой порт не может быть отдельным субъектом, он должен быть гармонично встроено в логистическую транспортную инфраструктуру страны и в инфраструктуру конкретного региона, где находится порт.

К сожалению, большая часть российских портов не имеет хорошей и качественной транспортной инфраструктуры, которая бы отвечала всем современным условиям в соответствии с растущими объемами грузопотоков - для скорой доставки грузов в места назначения.

Например, работу некоторых портов Приморья сдерживает небольшая пропускной способности транссибирской железной дороги и БАМа.

Эта сложность в восточных портах России решается проще, чем, например, в портах Черного моря, где нужно учесть туристические аспекты региона и инфраструктуру необходимо расширять аккуратно, не нарушая интересов курортной логистики.

На Востоке Российской Федерации отдых развит, к сожалению, не так качественно, как на юге, но следует отметить, что именно это позволяет продумывать, строить и реформировать современные мультимодальные транспортные узлы на база морских и речных портов, активно соединять их с железнодорожным и автомобильным видами транспорта, с различными логистическими компаниями и это, к счастью, уже делается, например, во Владивостоке [8].

Хорошим примером улучшения портовой и около портовой инфраструктуры может быть один зарубежный мощнейший морской порт Европы - порт Роттердама, который активно связан с такими видами транспорта как: железнодорожный, автомобильный, внутренний водный и трубопроводный. Значительное большинство грузов, привезенных в Нидерланды, Австрию, Швейцарию и Германию, а также в Африку и Азию, проходят через этот мощный Нидерландский порт, перегружающий ежедневно миллионы тонн контейнерных и других грузов.

Порт Роттердама с 2007 года ввел в эксплуатацию постоянное железнодорожное сообщение – до 240 поездов в сутки, имеет отдельную железнодорожную линию, соединяющую порт с заводами и компаниями, перевозящими грузы. Поэтому грузы из порта привозятся почти по расписанию и в срок, не зависят от следования других поездов по железной дороге.

Из-за особого географического расположения Российская Федерация обладает портами на юге, северо-западе и востоке страны. При этом каждый из портов специализируется на перевозке определённых и конкретных грузов [8].

Для того, чтобы порты России обострили конкуренцию с лучшими азиатскими и европейскими портами, нужно, чтобы Российская Федерация продолжила совершенствовать перегрузочную и перевозочную инфраструктуры. При этом российские грузовые порты будут ещё более конкурентоспособными для экспортёров, импортёров и Россия может стать важным местом для перемещения грузов из Азии в Европу, на Ближний Восток и обратно [8].

Металлолом, металлопрокат можно грузить в контейнеры и другими способами:

- краном. Это универсальная перегрузочная техника для открытого производства. В рабочем процессе принимают участие портовые рабочие: крановщики, стропальщики. Загрузка контейнеров производится с открытым верхом, так как кран грузит сверху, дополнительно могут использоваться погрузчики.

- кран-балкой. Кран-балка передвигается по рельсам в определенных направлениях, загружает контейнер сверху. Отличается от крана тем, что может работать в помещении.

- погрузчиком. Погрузчики могут загружать крупнотоннажные контейнеры на территории и в крытых складах. При загрузке хватает одного погрузчика, но для ускорения – часто применяют большее количество погрузчиков. Когда машина не может заехать в контейнер, нужны рабочие для перемещения груза внутри контейнера.

- портовыми рабочими. Применяют этот способ только для погрузки мелких сортов металлопроката. Они загружают металл вручную, распределяя его внутри контейнера, но тратят гораздо больше времени в сравнении с погрузчиками или кранами.

Загрузочный стол более действенный относительно перечисленных способов загрузки. Загрузчик можно устанавливать в помещениях и под открытым небом. Он не требует раскладки груза внутри контейнера, так как затаривает весь контейнер сразу, не требуется снятия контейнера с транспортного средства. Загрузка морских контейнеров занимает от 3 минут, подготовительные работы – до 3 часов. При погрузке достаточно двух человек: водитель погрузчика или крановщик грузит груз в бункер, плюс один специалист управляет столом [6].

Средства для крепления грузов в крупнотоннажных контейнерах.

Главные требования – размещение и закрепление грузов в контейнерах. Способы фиксации определяют устойчивое горизонтальное расположение груза для безопасной перевозки транспортными средствами и перегрузки кранами, погрузчиками.

Для обеспечения выполнения всех необходимых условий по стандартам, закрепленным в нормативной документации, правилах перегрузки контейнеров должны выполняться технические условия размещения грузов в контейнерах, предусматривающие целый ряд специальных средств для их крепления во внутреннем пространстве модуля. К ним можно отнести:

- различные предметы, которые заполняют остающееся между компонентами груза пространство: решетки, брус, доски из дерева, паллеты, куски гофрокартона. В ход могут идти старые, использованные автопокрышки.
- специальные сети, фиксирующие грузы внутри секций.
- деревянные решетки, брусковые материалы, доски разделяют ярусные слои, когда погрузка проводится в несколько слоев и по вертикали.
- тросы, веревочные шнуры, ремни, цепи оптимальны для закрепления блоков. Нередко используется крепление груза в контейнере лентами из полимеров.
- антискользящие материалы, в частности специальные аэрозоли, а также резиновые коврики и маты из кокоса выкладываются на поверхности пола ЖД и морского контейнера для того, чтобы груз не перемещался [9].

Для закрепления от смещений находящихся в контейнерах грузов в настоящее время успешно применяют воздушные надувные ёмкости – пневмо-оболочки, рисунок 9.

Пневмо-оболочки предназначены для фиксации грузов внутри крупнотоннажных контейнеров – это воздушные надувные крепёжные ёмкости-мешки.



Рисунок 9 – Крепление ящиков в контейнере с помощью надувных пневмо-оболочек

В результате крепления пневмо-оболочкой уменьшаются риски повреждения перевозимых грузов от ударов друг о друга, исключаются смещения грузов внутри контейнеров. Такие воздушные мешки-оболочки используют при любых видах транспортировок грузов в контейнерах: судами, поездами, автотранспортом.

Воздушная пневмо-оболочка представляет собой плотный двухслойный пакет с клапаном повышенной прочности [10].

Подводя итог рассмотрению некоторых видов перегрузочного оборудования портов при перегрузке грузов в крупнотоннажные контейнеры, отмечаем, что:

- развитие портовых машин идет в направлениях повышения подвижности и коэффициента их использования, уменьшения количества и снижения перегрузочных затрат.
- продолжается поддержание тесного взаимодействия между типами перегрузочных машин, участвующими в выполнении технологий грузовых работ.
- принимаются меры по обеспечению оптимальных технологических процессов, основанных на знании устройства перегрузочного оборудования и его технических возможностей, при рациональном использовании.

- совершенствуются процессы обобщения многолетнего передового опыта по эксплуатации, содержанию и обслуживанию порталных кранов, автопогрузчиков, контейнерных перегружателей, специализированных комплексов для перегрузки грузов для повышения их работоспособности в период эксплуатации, активно используются горизонтальные и вертикальные способы загрузки крупнотоннажных контейнеров, средства сокращения ручных работ [3].
- из-за особого географического расположения, Российская Федерация обладает портами на юге, северо-западе и востоке страны. При этом каждый из портов специализируется на перевозке определённых и конкретных грузов [8].
- чтобы речные и морские порты Российской Федерации обострили конкуренцию с лучшими азиатскими и европейскими портами, нужно, чтобы Российская Федерация продолжила совершенствовать перегрузочную и перевозочную инфраструктуры, при этом российские грузовые порты будут ещё более конкурентоспособными для экспортёров, импортёров и Россия может стать ещё более важным местом для перемещения грузов из Азии в Европу, на Ближний Восток и обратно [8].

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. helpiks.org - Хелпикс.Орг: [сайт]. - 2023. - URL: <https://helpiks.org/8-23602.html> (дата обращения 24.12.2023). - Текст: электронный.
2. Скоба для загрузки грузов в контейнеры. ООО За-вод Универсального Машиностроения «ТРАВЕРСИНДУСТРИ»: [сайт]. - 2023. URL: <https://zavod-traversindustry.ru/zahvaty/vilochnye-zahvaty/skoba-dlya-zagruzki-gruza-v-konteyner/>. (дата обращения 24.12.2023). - Текст: электронный.
3. Перегрузочное оборудование портов. Библиофонд: [сайт]. - 2022. - URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=871468>. (дата обращения 24.12.2023). - Текст: электронный.
4. Перегрузочный комплекс (автоматизированный загрузчик контейнеров). Стеллажи медведь: [сайт]. - 2024. - URL: <https://medved1.ru/catalog/avtomatizatsiya-sklada/pogruzo-razgruzochnyy-kompleks-konteynernaya-platforma/>. (дата обращения 24.12.2023). - Текст: электронный.
5. Система генеральной загрузки контейнеров. ООО «Сильные машины»: [сайт]. - 2023. - URL: [https://www.silmash.ru/a\\_ward/container\\_loaders\\_mislide#:~:text=Система%20MiSlide](https://www.silmash.ru/a_ward/container_loaders_mislide#:~:text=Система%20MiSlide). (дата обращения 24.12.2023). - Текст: электронный.
6. Как снизить время погрузки металлолома в контейнеры? ООО «Тюменский станкозавод»: [сайт]. - 2023. - URL: <https://www.stankozavod.ru/stati/kak-snitit-vremya-pogruzki-metalloloma-v-konteynery/?ysclid=lpgoezwak8396682784>. (дата обращения 25.12.2023). - Текст: электронный.
7. Перспективы инновационного развития речных портов России: электронный журнал. - URL: <https://web.snauka.ru/issues/2016/03/65722>. (дата обращения 25.12.2023). - Текст: электронный.
8. Основные проблемы морских грузовых портов России. Электронный периодический научный журнал: SCI-ARTICLE.RU: электронный журнал. - URL: <https://sci-article.ru/stat.php?i=1394648802>. (дата обращения 25.12.2023). - Текст: электронный.
9. Правила размещения и крепления грузов в контейнерах. Контейнерный мир: [сайт]. - 2023. - URL: <https://conmir.ru/blog/pravila-razmeshcheniya-i-krepleniya-gruzov-v-kontejnerah/>. (дата обращения 25.12.2023). - Текст: электронный.
10. Пневмо-оболочка (воздушный крепёжный мешок). ООО «SPTA - запчасти и крепления контейнеров»: [сайт]. - 2022. - URL: <https://spta.su/zapchasti-dlya-konteynerov/prochee/pnevmoobolochka>. (дата обращения 25.12.2023). - Текст: электронный.

**REFERENCES**

1. helpiks.org - Helpix.Org: [website]. - 2023. - URL: <https://helpiks.org/8-23602.html> (accessed 12/24/2023). - Text: electronic.
2. A bracket for loading goods into containers. TRAVERSINDUSTRY, LLC for Universal Mechanical Engineering: [website]. - 2023. URL: <https://zavod-traversindustry.ru/zahvaty/vilochnye-zahvaty/skoba-dlya-zagruzki-gruza-v-konteyner/>. (accessed 12/24/2023). - Text: electronic.
3. Transshipment equipment of ports. Bibliofund: [website]. - 2022. - URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=871468>. (date of issue 12/24/2023). - Text: electronic.
4. Transshipment complex (automated container loader). Shelving bear: [website]. - 2024. - URL: <https://medved1.ru/catalog/avtomatizatsiya-sklada/pogruzo-razgruzochnyy-kompleks-konteynernaya-platforma/>. (date of issue 12/24/2023). - Text: electronic.
5. General container loading system. Strong Machines LLC: [website]. - 2023. - URL: [https://www.silmash.ru/a\\_ward/container\\_loaders\\_mislide#:~:text=The %20MiSlide system](https://www.silmash.ru/a_ward/container_loaders_mislide#:~:text=The %20MiSlide system). (accessed 12/24/2023). - Text: electronic.
6. How to reduce the time of loading scrap metal into containers? Tyumen Machine Tool Factory LLC: [website]. - 2023. - URL: <https://www.stankozavod.ru/stati/kak-snitit-vremya-pogruzki-metalloloma-v-konteynery/?ysclid=lpgoezwak8396682784>. (accessed 12/25/2023). - Text: electronic.
7. Prospects for the innovative development of Russian river ports: an electronic journal. - URL: <https://web.snauka.ru/issues/2016/03/65722>. (accessed 12/25/2023). - Text: electronic.
8. The main problems of Russian sea cargo ports. Electronic periodical scientific journal: SCI-ARTICLE.RU : electronic magazine. - URL: <https://sci-article.ru/stat.php?i=1394648802>. (accessed 12/25/2023). - Text: electronic.
9. Rules for the placement and fastening of goods in containers. Container World: [website]. - 2023. - URL: <https://conmir.ru/blog/pravila-razmeshcheniya-i-krepleniya-gruzov-v-kontejnerah/>. (accessed 12/25/2023). - Text: electronic.
10. Pneumatic shell (air fastening bag). LLC "SPTA - spare parts and container fasteners": [website]. - 2022. - URL: <https://spta.su/zapchasti-dlya-konteynerov/prochee/pnevmoobolochka>. (accessed 12/25/2023). - Text: electronic.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Технологии перегрузочного процесса, транспортные характеристики, трудоёмкие грузы, эффективность перевозок, крупнотоннажные контейнеры.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Носов Владимир Павлович, кандидат технических наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Аржанов Игорь Евгеньевич, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Малинов Вячеслав Валерьевич, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **КОНТЕЙНЕРИЗАЦИЯ РЕЧНЫХ ПОРТОВ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**А.В. Зачёсов, С.В. Бунташова, К.И. Киселёва**

### **CONTAINERIZATION OF RIVER PORTS IN SIBERIA AND THE FAR EAST**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**A.V. Zachesov** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**S.V. Buntashova** (Ph.D. of Economic Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**K.I. Kiseleva** (Student of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** The importance of the river fleet in modern realities will depend on the expansion of its functions in the eastern regions, entry into the international market, as well as reducing transportation costs and increasing the profitability of shipping companies. The use of containers as a universal container significantly reduces the time of loading and unloading operations, as well as reduces transportation costs. All containers have the same design of fastening devices, which allows for the organization of multimodal transportation to use different types of transport without the risk of damage to the cargo.

---

**Keywords:** *Far East, Siberia, container, "Six golden rules of logistics", river transport, transport services.*

---

Важность работы речного флота в современных реалиях будет зависеть от расширения его функций в восточных регионах, вступления на международный рынок, а также сокращения транспортных расходов и увеличения прибыльности судоходных компаний. Использование контейнеров как универсальной тары существенно сокращает время погрузо-разгрузочных работ, а также снижает расходы на транспортировку. Все контейнеры имеют одинаковую конструкцию крепежных устройств, что позволяет при организации мультимодальных перевозок использовать различные виды транспорта без риска повреждения груза.

В России речной транспорт имеет важное значение как для перевозки грузов, так и перевозки пассажиров. Его преимущества заключаются в использовании естественных путей, что требует меньших затрат на их обустройство по сравнению с железными и шоссейными дорогами, а также возможность перевозить массовые грузы.

Несмотря на ощутимую конкуренцию со стороны морского транспорта (международные грузовые перевозки), а также автомобильного и железнодорожного (внутренние российские перевозки), речные порты по-прежнему широко востребованы. В России насчитывается более 25 рек с развитым речным транспортом и портами, крупнейшими из которых на территории Сибири являются Обь, Иртыш, Лена, Енисей, Амур.

Условия работы речного транспорта на внутренних водных путях Сибири и Дальнего Востока отличаются от условий работы флота на европейской территории, к которым относятся недостаточное развитие или отсутствие других видов транспорта, необходимость выхода на прибрежные морские участки, высокая доля малых рек при доставке грузов в районы Крайнего Севера.

При решении задач управления работой речного транспорта на внутренних водных путях Сибири и Дальнего Востока необходимо учитывать особенности таких рыночных категорий, как конкурентоспособность судоходных компаний, риски и неопределённость в основной деятельности, прибыль, тарифная политика и качество транспортных услуг.

Интеграция внутренних водных путей Сибири и Дальнего Востока в систему международных коммуникаций приводит к необходимости использования и внедрения современных принципов логистики в работу речного транспорта.

Внедрение принципов логистики «Шесть золотых правил логистики» приводит к развитию транспортно-экспедиторской деятельности, которая включает в себя организацию смешанных перевозок под руководством единого оператора. Транспортно-экспедиторские компании должны брать на себя все этапы доставки грузов, включая выбор оптимальной транспортной схемы, отправку и получение грузов, проверку их состояния, погрузку и выгрузку, хранение на складах, оформление документов и отслеживание финансовых потоков, связанных с доставкой и оплатой транспортных услуг. Организация мультимодальных (смешанных) перевозок предполагает участие различных видов транспорта в каждой конкретной цепочке доставки груза от грузоотправителя до грузополучателя. В этих условиях крайне важно выбрать универсальную тару (упаковку) для перевозимого груза, чтобы максимально сократить время

грузовых операций и непосредственно саму доставку при условии обязательного сохранения количества и качества груза. Исходя из этого, транспортные компании, в том числе Сибири и Дальнего Востока всё больше обращают внимание на возможность перевозки грузов в контейнерах различного типа и назначения. Использование универсальных, изотермических, рефрижераторных, контейнеров для перевозки сыпучих и тарно-штучных грузов различного объёма и грузоподъёмности позволяют оптимизировать работу транспортного флота и перегрузочных пунктов.

В свете нового стратегического приоритета страны - освоения Арктической зоны России, важная роль в достижении этой цели отводится внутреннему водному транспорту. Его задача – создать оптимальные условия для доставки грузов в районы Крайнего Севера и приравненные к ним территории.

Смещение грузопотоков с запада на восток привело к тому, что грузы, которые ранее переваливали в портах Северо-Запада, уходят на Дальний Восток для поставки в страны Азии. Терминалы на Дальнем Востоке перегружены с лета 2022 г. в связи с этим порты работают на полную мощность. Для решения проблемы вывоза контейнеров РЖД привлекает к перевозкам дополнительный подвижной состав, а также разрешает операторам перевозить контейнеры в полувагонах. В целом, порты на Дальнем Востоке успешно справились с проблемой обработки контейнеров, и ситуация улучшилась по сравнению с концом 2022 года. Основные данные были получены из статистики по загрузке терминальных мощностей и от логистических компаний Stalogistic, FM Logistic и Novel.

В зависимости от направления перевозки и терминала ожидание отправки составляет до 15 суток, а в 2022 году простои могли достигать до 15 суток. Сейчас основными причинами задержек являются отклонения от графика в порту отгрузки, простаивание на рейде и ожидание выгрузки из-за отсутствия согласования с терминалом или несоблюдения графика разгрузки судов.

Речной транспорт на территории Сибири и Дальнего Востока (части рынка транспортных услуг) зависит от геополитических, географических, природно-климатических и социально-экономических факторов в рамках единой транспортной системы. Традиционные области деятельности речного транспорта, сформированные под влиянием этих факторов, сохраняются и в условиях рыночных отношений, изменяя только формы обслуживания каждого сегмента рынка транспортных услуг.

В России в 2020 году Министерством экономического развития разработан проект «Стратегии долгосрочного развития РФ до 2050 года с низким уровнем выбросом парниковых газов» (распоряжение Правительства № 2344-р от 03.11.2016). Она направлена на развитие экономики при условии низкого уровня выбросов парниковых газов.

Одной из задач Стратегии является масштабное изменение структуры грузо- и пассажирооборота в пользу менее углеродоемких видов транспорта. Поскольку водный транспорт относится к наиболее экологичным видам транспорта (на долю автомобильного транспорта приходится 75% транспортных выбросов CO<sub>2</sub>, в то время как совокупная доля железнодорожного и водного транспорта составляет 12,5%, авиации – 12,5%, то очевидным является необходимость его развития и выбора в качестве одного из основных видов транспорта для осуществления перевозок массовых грузов, в том числе в контейнерах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаджинский А. М. Г 13 Логистика: Учебник / А. М. Гаджинский. – 20-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2019. – 484 с
2. Гладков Г.Л. Современное состояние и развитие внутренних водных путей России/ В сборнике: Эрозионные и русловые процессы. Сборник трудов. Межвузовский научно-координационный совет по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ имени М.В. Ломоносова. Москва, 2020. С. 255-277.
3. Григорьев Е.А. Внутренний водный транспорт России: проблемы, перспективы развития, влияние глобализации/ Экономика: теория и практика. 2019. № 3 (55). С.27-30
4. Зачесов В.П., Технология и организация перевозок на речном транспорте: Учеб. пособие для студентов вузов вод. транспорта по специальностям: 240100 "Орг. перевозок и упр. на транспорте (вод.)", 060800 "Экономика и упр. на предприятии (транспорта)" / В. П. Зачесов, В. Г. Филоненко. - Новосибирск: Сиб. соглашение, 2018. – 399 с.

REFERENCES

1. Gadzhinsky A.M. G 13 Logistics: Textbook / A.M. Gadzhinsky. -20th ed. – Moscow: Publishing and Trading Corporation "Dashkov and K", 2019. – 484 p.
2. Gladkov G.L. The current state and development of Russia's inland waterways/ In the collection: Erosion and riverbed processes. Collection of works. Interuniversity Scientific Coordination Council on the problem of erosion, riverbed and Estuarine processes at Lomonosov Moscow State University. Moscow, 2020. pp. 255-277.
3. Grigoriev E.A. Inland waterway transport of Russia: problems, development prospects, the impact of globalization/ Economics: theory and practice. 2019. No. 3 (55). pp.27-30
4. Zachesov V.P., Technology and organization of transportation by river transport: Textbook.a manual for students of higher education institutions of waters. transport by specialties: 240100 "Organization of transportation and management in transport (water)", 060800 "Economics and management in the enterprise (transport)" / V. P. Zachesov, V. G. Filonenko. Novosibirsk: Sib.

5. Заостровских Е. А. Проблемы и перспективы развития пунктов пропуска Дальнего Востока России // Регионалистика. 2021. № 3.

6. Щербанин Ю.А. Перевозка грузов по внутренним водным путям России: стратегия развития до 2030 года (новые возможности для нефтегазового сектора) /Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2021. Т. 14. С. 291- 301.

agreement, 2018. – 399 p.

5. Zaostrovskikh E. A. Problems and prospects of development of checkpoints in the Russian Far East // Regionalism. 2021. № 3.

6. Shcherbanin Yu.A. Cargo transportation by inland waterways of Russia: development strategy until 2030 (new opportunities for the oil and gas sector) /Scientific papers: Institute of National Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences. 2021. Vol. 14. pp. 291- 301.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Дальний Восток, Сибирь, контейнер, «Шесть золотых правил логистики», речной транспорт, транспортные услуги.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Зачёсов Александр Венедиктович, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Бунташова Светлана Венедиктовна, кандидат экономических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Киселёва Кристина Игоревна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОБОСНОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭКСПОРТА ГРУЗОВ ВОДНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**В.М. Бунеев, О.В. Трофимцева**

### **METHODOLOGICAL TOOLS FOR SUBSTANTIATION OF TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS FOR THE EXPORT OF GOODS BY WATER TRANSPORT**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**V.M. Buneev** (Doctor of Economics Sciences, Professor of SSUWT)

**O.V. Trofimtseva** (Postgraduate Student of SSUWT)

**ABSTRACT:** The methodological tools for substantiating transport and logistics systems for exporting goods by water transport are presented, taking into account the current factor. Completed the use of system connector, dynamic mathematical analysis and economic analysis.

**Keywords:** *Transport, water, cargo, export, systems, logistics, justification, tools, methodological.*

Изложен методический инструментарий обоснования транспортно-логистических систем экспорта грузов водным транспортом с учетом текущего фактора. Основано на использовании системного подхода, динамического программирования и экономического анализа.

Предметом разработки в настоящем исследовании является методический инструментарий обоснования рациональной организации транспортно-логистической системы (ТЛС) доставки грузов. При этом ТЛС рассматривается как совокупность объектов и субъектов логистической инфраструктуры вместе с материальными, финансовыми, документальными и информационными потоками, их взаимозависимостями между собой, обеспечивающими транспортировку, хранение, распределение товаров, а также правое сопровождение товарных потоков и интеграции информации всех участников ТЛС через единый программный продукт IT индустрии. В такой постановке проблемы одной из ключевых задач на практике является обеспечение надёжности ТЛС, а ключевой задачей для исследований – обоснование её рациональной организации и оценка эффективности функционирования. В связи с тем, что современные тенденции развития экономики направлены на интеграцию производственных, транспортных и реализационных процессов, возникает необходимость оптимизации цепочки (рисунок 1).

Признаем, что имеет место потребность в формировании и развитии ТЛС, способствующих снижению себестоимости конечного продукта для потребителя, а также к устранению противоречий и кассовых разрывов между каждым из заявленных звеньев цепочки, как следствие обеспечение возможности для игроков рынка минимизировать или вовсе отказаться от той части маржинальности, которая была призвана возместить возможные расходы по непредвиденным обстоятельствам.



Рисунок 1 – Цепи материальных и финансовых потоков

ТЛС являются предметом изучения транспортной логистики [3, 7] как части логической науки, направленной на управление перевозками, поставками и доставкой товаров и компонентов. При этом отмечаются необходимость реализации принципов транспортной логистики: системность, комплексность, научность, конкретность, конструктивность, надежность, вариантность. Исследованию проблемы и решению научных и практических задач посвящены многочисленные работы учёных и практиков. Из них можно выделить учебник [7] и монографию [9], подготовленные под непосредственным руководством профессора Л. Б. Миротина, а также в работах [4, 6]. Модели, методы и алгоритмы решения задач обоснования ТЛС описаны в работах [1, 3, 5, 10], критерии оценки и выбора оптимального решения рассмотрены в работе [2]. Результаты их изучения и анализа послужили предпосылкой при разработке методического инструментария обоснования организации ТЛС экспорта грузов водными видами транспорта, с учётом особенностей каждого из видов транспорта и транспортных узлов, участвующих в процессах доставки грузов.

Теоретические предпосылки и методологические принципы. При разработке методического инструментария обоснования организации ТЛС экспортных видов груза водным транспортом, процессы оптимизации базируются на соответствующих теоретических предпосылках и методологических принципах. Во-первых, таковыми являются закономерности развития и функционирования систем, современные положения теории менеджмента и логистики, основы теории транспортных процессов и систем. Во-вторых, научная обоснованность, комплексность и системность исследования рассматриваемой проблемы, научные подходы к оценке эффективности принимаемых решений. Это означает использование их при рассмотрении комплекса задач и системы технических, технологических, организационных и экономических компонентов, функционирующих на основе взаимодействия и соподчинения единой цели.

Транспортный процесс либо система как объект исследования представляется в виде открытого многоцелевого иерархического, изменяющаяся во времени, сложного образования (системы) с присущими только ему (ей) свойствами: целенаправленностью, критериальностью, комплексностью, динамичностью, оптимизируемостью. Изучение этих свойств и полученных результатов позволяет комплексно решать исследуемую проблему. ТЛС экспорта товаров (грузов) рассматривается в виде определённой организационной структуры (рисунок 1). Между её элементами имеются внутренние и внешние связи, которые осуществляются благодаря функционированию логистического центра. Процедура поиска оптимальных решения комплекса задач обоснования ТЛС доставки грузов представлена в виде логичной поэтапной последовательности исследования научной проблемы (рисунок 3), с учётом распределения задач по блокам.

В первом блоке задача состоит в анализе грузовой базы по номенклатуре и объёму грузов их свойствам; определение требований к подвижному составу; оценка состояния логистической инфраструктуры. Во втором блоке – предварительный выбор маршрутов транспортировки грузов; определение возможности использования видов транспорта; установление потребности в специализированном оборудовании и промежуточного хранения грузов; анализ транспортной инфраструктуры. В третьем блоке – принятие концепции и подхода к оценке эффективности, анализ факторов влияния на эффективность функционирования ТЛС,

формирование системы показателей и выбор критерия оценки; оптимизация маршрутов следования грузопотоков; обоснование типов подвижного состава по видам транспорта. В четвёртом блоке системы исследуем научную проблему, это этап включает решение задач взаимодействия видов транспорта, технической и технологической организации, а также согласование их работы, направленные на снижение сроков доставки грузов. Целью решения задачи экономического взаимодействия является оптимизация всех видов издержек и разработка механизма формирования единого (сквозного) тарифа.

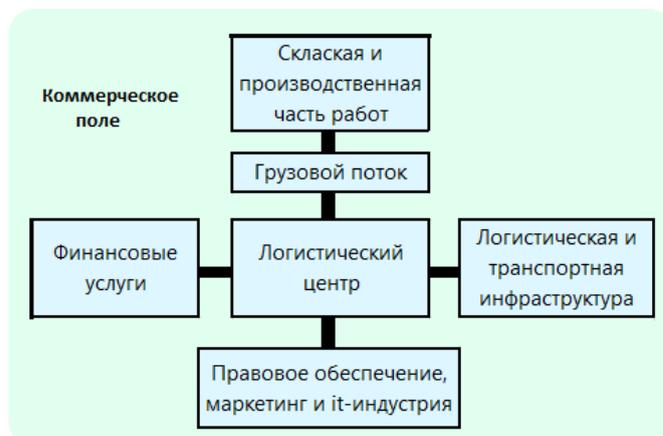


Рисунок 2 – Схема организационной структуры ТЛС экспорта товаров (грузов)

Завершение процедуры эксплуатационно-экономического обоснования осуществляется в блоке выбора оптимальной ТЛС. При участии водного транспорта (морского, река-море и речного плавания) особое внимание уделяется анализу природно-климатических факторов. Такими задачами являются: обоснование способов перевозки грузов и типов судов, использование судов с учётом требований к ним и наличия, разработке грузового плана судна и выбор безопасного маршрута движения судов с заходом в морские порты. Для речных путей характерно выделение периодов времени максимально возможного объема перевозок грузов, ограничение осадки по глубине судового хода. Кроме того, важное значение имеют задачи обоснования технологии, организации и механизации перегрузочных работ, ограничение пропускной способности в большей мере речных портов.

В результате обоснования рациональной ТЛС разрабатывается перечень рекомендаций и предложений по её формированию и реализации в составе экспорта грузов водным транспортом.

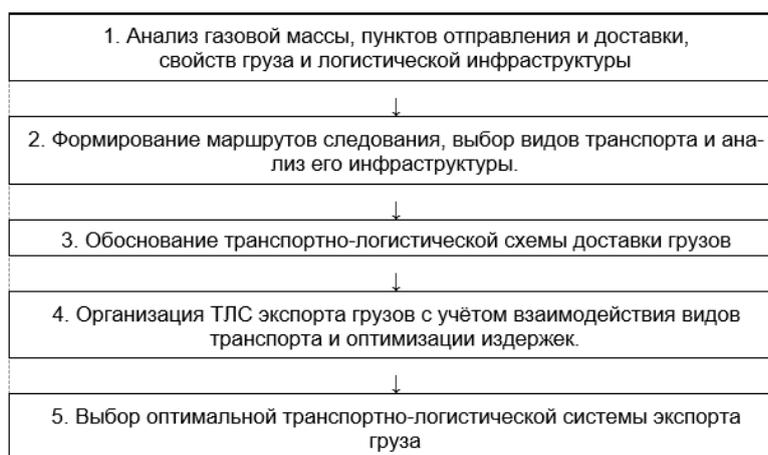


Рисунок 3 – Логическая последовательность исследования проблемы обоснования ТЛС экспорта товаров (грузов)

Критерии оценки эффективности и принятия решений. Эффективность транспортно-логистических систем формируется с учётом участия в процессах двух субъектов: транспортной системы и потребителя услуг. Такой подход отвечает их интересам и обеспечивает

компромисс между ними. При этом важное значение имеет выбор показателя для оценки эффективности системы, и он должен определять степень соответствия реального результата требуемому, обеспечивая соблюдение сроков доставки грузов, их сохранность, минимизацию расходов, соблюдение требований местного и международного законодательства. Кроме того, при выборе показателя в качестве критерия оценки, принята концепция оптимальности решения об эффективности системы. Выбор инструментария оценки эффективности осуществляется с учетом использования того либо иного подхода принятия решения. При оценке варианта ТЛС возможны два подхода.

Первый подход: формирование ТЛС с учётом современного уровня развития инфраструктуры, отсутствие инвестиций. В качестве критерия оценки здесь рекомендуется показатель текущих издержек или расходов:

$$I_0 = \sum \mathcal{E}_{ij} \quad (1)$$

где  $i$  – признак вида транспорта;

$j$  – признак участка пути;

$\mathcal{E}_{ij}$  – эксплуатационные расходы по  $i$ -тому виду транспортировки грузов по  $j$ -тому участку пути, руб.

$$\mathcal{E}_{ij} = \mathcal{E}_{nc} + \mathcal{E}_{my} + \mathcal{E}_{yn} + \mathcal{E}_{mc} + C_u \quad (2)$$

где  $\mathcal{E}_{nc}$  – содержание подвижного состава, руб.;

$\mathcal{E}_{my}$  – расходы по транспортному узлу (эксплуатация перегрузочной техники, содержание подъездных путей, причалов, рейдов, складов и зданий), руб.;

$\mathcal{E}_{yn}$  – содержание участков пути, руб.;

$\mathcal{E}_{mc}$  – таможенные платежи и сборы, руб.;

$C_u$  – неявные издержки, обусловленные стоимостью грузов, за время их транспортировки и хранения на складах, руб.

Второй подход: формирование ТЛС с учётом инвестиций (капиталовложений) в развитие инфраструктуры. Критерий оценки здесь показатель полных экономических затрат (дисконтированные).

$$3t = \sum \mathcal{E}_{ij} + E_H \cdot \sum K_{ij}, \text{ руб.} \quad (3)$$

где  $E_H$  – дисконт (норма доходности на капитал по долгосрочным активам);

$\sum K_{ij}$  – сумма капиталовложений в виде инвестиций в развитие инфраструктуры, руб.

$$\sum K = K_{nc} + K_{my} + K_{yn} \quad (4)$$

где  $K_{nc}$  – капиталовложения обновление и пополнение подвижного состава, руб.;

$K_{my}$  – капиталовложения в развитие инфраструктуры транспортного узла, руб.;

$K_{yn}$  – капиталовложения в развитие и обновление участков пути, руб.

В качестве критериев оценки при решении задач обоснования ТЛС на практике могут быть приняты удельные значения показателей  $I_0$  и  $3t$ . Кроме того, следует отметить наличие трудностей, обусловленных отличием их структуры и содержания по видам транспорта, а также наличием нормативной базы и статистики. В связи с этим при обосновании ТЛС в условиях отсутствия инвестиций могут быть использованы тарифы на услуги транспорта в качестве критерия оценки эффективности.

Методы, способы и модели решения задач. При решении задач обоснования ТЛС экспорта грузов водным транспортом могут быть использованы различные методы, способы и модели в зависимости от особенностей и специфики задач научной проблемы. В частности, задачи первого и второго блока (рисунок 3) применимы традиционные способы: сравнение относительных и средних величин, графической группировки и балансовый. Способ сравнения наиболее часто реализуется на практике, поскольку отличается универсальностью и простотой в исполнении.

При формировании маршрутов следования грузопотоков и выбора видов транспорта, предварительной оценки намеченных вариантов предлагается адаптировать метод SWOT-анализа для оценки влияния факторов на выбор оптимального решения. В числе таковых: 1) развитие Северного морского пути (СМП) и увеличение грузовой базы; 2) переключение грузопотока с сухопутных видов транспорта на водный; 3) контейнеризация речных перевозок; 4) круглогодичность работы железнодорожного вида транспорта; 5) продолжительность речной навигации свыше 130 сут.; 6) наличие кранов соответствующей грузоподъемности; 7) продление сроков навигации при помощи ледокольного флота; 8) наличие зон таможенного контроля в узлах перевалки контейнеров, а так же и закрытой таможенной зоны на производственном предприятии; 9) наличие соответствующей инфраструктуры речного и морского флота в бассейне; 10) субсидии перевозок СМП и иного рода участие государственных инвестиций; 11) стабильность глубины судового хода на реке в течении периода навигации, отсутствие необходимости производить дноуглубительные работы; 12) ограниченность пропускной способности железных дорог восточного полигона; 13) отсутствие потребности в инвестициях для развития инфраструктуры; 14) использование не более двух видов транспорта (ЖД, речной и /или морской), не учитывая автоподачу контейнеров в начальном и конечном пунктах т.к. эта тара не является самоходной; 15) наличие новизны в схеме.

Анализ влияния факторов на выбор оптимального решения осуществляется в табличной форме. Положительное влияние обозначается знаком «+», отрицательное – знаком «-», отсутствие влияния – «0». Результат сложения определяет рейтинг по принципу: чем больше положительное значение и меньше отрицательных, тем выше рейтинг, при его равенстве приоритет отдается маршруту меньшей протяженности.

Для решения задач третьего и четвертого блоков использование моделей и методов математического программирования в качестве инструментария обеспечивает оптимальность полученных решений. Обоснование ТЛС и способов перевозок грузов рекомендуется осуществлять с помощью методов динамического программирования. Процесс поиска оптимального решения разделяется на ряд последовательных этапов, при этом алгоритм поиска становится многошаговым и последовательным от этапа к этапу, причем решение каждый раз оптимизируется только на одном шаге, но с учетом последствий для других шагов.

Многошаговый процесс оптимизации и принятия решений методами динамического программирования представлен алгоритмом поиска его в работе [1]. Начальное состояние системы  $X_0$  соответствует нахождению грузов в пункте отправления, а решение  $U_0$  означает выбор для перевозок конкретного вида транспорта. Критерий оценки принятия такого решения составит  $C(X_0, U_0)$ . Затем в результате принятия решения  $U_0$  система переходит в состояние  $X_1$ , которое соответствует завершению транспортировки груза на первом этапе. Далее в результате принятия следующего решения  $U_1$  с оценкой  $C(X_1, U_1)$  система перейдет в состояние  $X_2$ . Этот процесс будет продолжаться до конечного состояния  $X_n$ , когда груз пребудет в конечном пункте. Минимальное значение критерия оценки принятия решений за  $i$  шагов из  $j$ -ого состояния описывается рекуррентным соотношением Беллмана:

$$f_i(X_j) = \min \{C(U_j, X_j) + f_{i-1}(X_{j+1})\} \quad (5)$$

где  $U_j$  – управление на  $j$ -м шаге,

$C(U_j, X_j)$  – критерий оценки принятия решения на  $j$ -м шаге.

В качестве  $U_j$  реализуется выбор минимального значения критерия оценки  $j$ -й шаге.

На 1-ом шаге система находится в предпоследнем состоянии  $X_{n-1}$ , а критерий оценки принятия решения за один последний шаг:

$$f_1(X_{n-1}) = \min \{C(U_{n-1}, X_{n-1})\} \quad (5.1)$$

На 2-ом шаге состояние системы

$$f_i(X_j) = \min \{C(U_j, X_j) + f_{i-1}(X_{j+1})\} \quad (5.2)$$

И так далее до предпоследнего шага.

$(n - 1)$ -й шаг. Пусть система находилась в состоянии  $X_1$ . Тогда цена принятия решения за три последних шага может составить одну из альтернатив

$$f_{n-1}(X_1) = \min \{C(U_1, X_1) + f_{n-2}(X_2)\} \quad (5.3)$$

n-й шаг. Наконец, пусть система находится в начальном состоянии  $X_0$ . Тогда цена принятия решения за все  $n$  шагов составит

$$f_n(X_0) = \min \{C(U_0, X_0) + f_{n-1}(X_1)\} \quad (5.4)$$

Это значение критерия оценки будет соответствовать минимальной минимума затрат доставки груза из пункта отправления в конечный. В зависимости от потребности задача может быть решена в табличной форме либо географической с построением графа.

Важным элементом системы обоснования ТЛС взаимодействие видов транспорта. Можно выделить следующие виды взаимодействия: технологическое, организационное и экономическое. Первое из них осуществляется в рамках единого технологического процесса работы смежных видов транспорта (ЕТС). Для того, чтобы это взаимодействие происходило в оптимальном режиме с минимальными затратами времени необходима согласованность работы всех участников транспортного процесса. Прежде всего, требуется согласовать прибытие в перевалочный пункт (транспортный узел) подвижного состава (судов, вагонов, автомобилей) таким образом, чтобы не было простоев его в ожидании технического и грузового обслуживания. В качестве транспортного узла, как правило, принимаются порты, в связи с этим разрабатываются ЕТП работы порта  $u$  смежных видов транспорта. При разработке ЕТП порта ж/д станции согласованию подлежат интервал подхода судов и вагонов, пропускной способности причалов, железнодорожных путей и складов. Процедура разработок ЕТП завершается составлением технологических карт грузовой обработки судов и железнодорожных составов на основе совмещенных графиков их обработки и обслуживания в транспортном узле и графиков (расписаний) движения поездов и судов.

Организационное взаимодействие видов транспорта осуществляется при выполнении операций передачи грузов по прямому варианту либо через склад. Решение здесь принимается в зависимости от величины партии груза, грузоподъемности самого крупного транспортного средства – речного/морского судна, и кратности его грузоподъемности в сравнении со смежными видами транспорта (речного судна, вагонов, автомобилей), готовности груза к выходу за пределы ЕАЭС в коммерческом и таможенном смысле. Кроме того, организационное взаимодействие осуществляется путём совместного оперативного планирования и управления, одного порядка оформления перевозных документов в рамках единой технологии обработки судов и вагонов. В информации о судах указывается номер или название судна, время прибытия, род и количество груза, назначение и получатель, а по порожним судам – грузоподъемность и под какой груз предназначаются.

Экономические интересы всех видов транспорта системы возможно соблюсти в рамках единого тарифа на перевозку грузов по всему маршруту от пункта отправления до пункта назначения. Сложность возникает в определении доли каждого из участников транспортного процесса. Здесь необходимо учесть коммерческие интересы и объективно оценить вклад каждого в получении конечного результата.

Результатом работы над статьей является методический инструментарий обоснования ТЛС экспорта грузов водного транспорта на основе системного подхода и рационального сочетания различных методов и способов решения задач научной проблемы. Для анализа современного уровня развития инфраструктуры предназначен способ сравнения относительных и средних величин, как наиболее часто реализуемый на практике, он отличается универсальностью и простотой в исполнении. Классический SWOT-анализ экономического субъекта адаптирован для оценки влияния факторов при формировании маршрутов следования грузопотоков и выбора видов транспорта. Использование динамического программирования для решения задачи обоснования транспортно-логистических схем доставки грузов оправдано, поскольку обеспечивается оптимальность полученного решения. Кроме того, разработанный методический инструментарий в сочетании с надёжным информационным обеспечением позволяет получить достоверные, научно-обоснованные результаты и с учётом соответственного правового сопровождения гарантировать эффективность функционирования ТЛС экспорта груза водным транспортом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габдулхаков А.А., Завалищин Д.С. Динамическая оптимизация сложных маршрутов в транспортной логистике // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 5. – С. 33-38; URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38654> (дата обращения: 09.10.2023).

REFERENCES

1. Gabdulkhakov A.A., Zavalishchin D.S. Dynamic optimization of complex routes in transport logistics // Modern high-tech technologies. – 2021. – № 5. – p. 33–38; URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38654> (access date: 09.10.2023).  
2. Goncharova, N.V. Economic and mathematical model for

2. Гончарова Н. В. Экономико-математическая модель определения оптимальной логистической схемы доставки груза с учетом качественных критериев / Н.В. Гончарова // Журнал «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока». - 2012. - №2. - С. 7–10.
  3. Неруш Ю. М. Транспортная логистика: учебник для вузов / Ю. М. Неруш, С. В. Саркисов. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 351 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02617-7. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511197> (дата обращения: 04.10.2023).
  4. Ничипорук А. О. Опыт и проблемы построения транспортно-логистических систем доставки грузов // Вестник ВГАВТ. 2017. №50. С. 212 – 218.
  5. Новиков В. К. Научно-методические основы разработки логистических систем доставки грузов водным транспортом // Материалы XVII Международной научно-практической конференции «Логистика-Евразийский мост». Том Часть 1. Красноярск, 2022. С. 222 – 226.
  6. Современные транспортно-логистические технологии доставки грузов: монография / В. Е. Нутович, Н. Н. Пашков, О. Н. Ларин [и др.]. — Москва: Русайнс, 2021. — 106 с. — ISBN 978-5-4365-8716-5. — URL: <https://book.ru/book/942037> (дата обращения: 04.10.2023).
  7. Телегин А. И., Милославская С. В., Коршунов Д. А., Наседкина Е. С. Концепция и алгоритм обоснования транспортно-логистических схем доставки экспортно-импортных сухогрузов с участием речного транспорта России // Научные проблемы водного транспорта. 2021. №68. С. 163–171. URL: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi68.190> (дата обращения: 22.05.2022).
  8. Транспортная логистика. Учебник для студентов, обучение по спец. "Организация перевозок и управление на транспорте". Под общ. ред. проф. Л. Б. Миروتкина, М., Экзамен, 2003, 511с.
  9. Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах, Монография под ред. Л. Б. Миروتкина, М., Горячая линия Телеком, 2010, 702 с.
  10. Huber S., Klauenberg J., Thaller C. Consideration of transport logistics hubs in freight transport demand models. European Transport Research Review. 2015;7(32):1–14. DOI: 10.1007/s12544-015-0181-5
- determining the optimal logistics scheme for cargo delivery taking into account such conditions / N.V. Goncharova // Journal "Scientific problems of transport in Siberia and the Far East". - 2012. - No. 2. - P. 7–10
3. Nerush, Yu. M. Transport logistics: textbook for universities / Yu. M. Nerush, S. V. Sarkisov. - Moscow: Yurayt Publishing House, 2023. - 351 p. - (Higher education). — ISBN 978-5-534-02617-7. — Text: electronic // Educational platform Urayt [web-site]. URL: <https://urait.ru/bcode/511197> (access date: 04.10.2023)
  4. Nikiporuk A. O. Experience and problems of constructing transport and logistics systems for cargo delivery // Vestnik VGAVT. 2017. No. 50. pp. 212 – 218.
  5. Novikov V. K. Scientific and methodological basis for the development of logistics systems for the delivery of goods by water transport // Materials of the XVII International Scientific and Practical Conference "Logistics-Euro-Asian Bridge". Volume Part 1. Krasnoyarsk, 2022. P. 222 – 226.
  6. Modern transport and logistics technologies for cargo delivery: monograph / V. E. Nutovich, N. N. Pashkov, O. N. Larin [etc.]. — Moscow: Rusigns, 2021. — 106 p. — ISBN 978-5-4365-8716-5. — URL: <https://book.ru/book/942037> (access date: 10/04/2023).
  7. Telegin A.I., Miloslavskaya S. V., Korshunov D. A., Nasedkina E. S. Concept and algorithm for substantiating transport and logistics schemes for the delivery of export-import dry cargo ships with the participation of Russian river transport // Scientific problems of water transport. 2021. No. 68. p. 163–171. URL: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi68.190> (access date: 22.05.2022)
  8. Transport logistics. Textbook for students, training special "Organization of transportation and transport management". Under the general editorship of prof. L. B. Mirotina, M., Exam, 2003, 511 p.
  9. Management of cargo flows in transport and logistics systems, Monograph Ed. L. B. Mirotina, M., Hotline - Telecom, 2010, 702 p.
  10. Huber S., Klauenberg J., Thaller C. Consideration of transport logistics hubs in freight transport demand models. European Transport Research Review. 2015;7(32):1–14. DOI: 10.1007/s12544-015-0181-5

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Транспорт, водный, грузы, экспорт, системы, логистические обоснование, инструментарий, методический.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бунеев Виктор Михайлович, доктор экономических наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Трофимцева Ольга Валерьевна, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## КОРРЕКТИРОВКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СИЛИКОНОВЫХ ДЕМПФЕРОВ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

О.Ю. Бородина, С.П. Глушков

### ADJUSTMENT OF THE METHODOLOGY FOR DETERMINING THE RESIDUAL LIFE OF SILICONE TORSIONAL VIBRATION DAMPERS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

O.Yu. Borodina (Postgraduate student of the Department of Ship Power Plants of SSUWT)

S.P. Glushkov (Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Ship Power Plants of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article discusses the proposed model of the coefficient characterizing the "aging" of a silicone torsional vibration damper designed to determine the residual life of the damper.

**Keywords:** Silicone damper, torsional vibrations of SEU, damper performance, residual life, polymethylsiloxane, aging coefficient, polydispersity coefficient.

В статье рассматривается предлагаемая модель коэффициента характеризующего «старение» силиконового демпфера крутильных колебаний предназначенного для определения остаточного ресурса демпфера.

Одной из важных составляющих безаварийной работы силового блока судовой энергетической установки (СЭУ) является возможность оперативной технической диагностики механического оборудования, а также непосредственно контроля технического состояния силиконового демпфера (СД) крутильных колебаний.

На судах старых проектов используются дизели фирмы SKL (Германия) модельного ряда NVD, которые имеют в основном силиконовые демпферы компании STE, HOLSET (Холсет), Geislinger (Гейслингер).

Крутильные колебания являются общераспространенным явлением на речном транспорте, которые напрямую влияют на комфорт, работоспособность и безопасность.

Исследования крутильных колебаний силовой передачи транспортных средств в основном сосредоточены на следующих аспектах: моделировании, анализе и контроле.

Гашение крутильных колебаний, поглощение вибрации исследуются в виде расчетных и тестовых данных различными исследователями [1].

Торсионная жесткость и гашение крутильных колебаний с помощью демпфера Geislinger (Гейслингер) изменяются в зависимости от частоты возбуждения [1].

$$K_c = \begin{cases} K_{cs} \left( 1 + 0,37 \frac{\omega}{\omega_{c0}} \right), & 0 \leq \omega \leq \omega_{c0}, \\ K_{cs} \left( 1,1 + 0,27 \frac{\omega}{\omega_{cs}} \right), & \omega \geq \omega_{c0}, \end{cases}$$

$$c_c = \frac{kK_c}{\omega_G}$$

где  $\omega_G$  – угловая частота внешнего возбуждения;

$\omega_{G0}$  – собственная частота связи;

$K_{cs}$  – статическая жесткость связи;

$k$  – коэффициент демпфирования.

Вибрационные реакции изменяются в зависимости от угловой частоты внешнего возбуждения. Это показывает, что жесткость муфты также связана с реакциями крутильных колебаний. Следовательно, можно определить жесткость муфты по реакции крутильных колебаний системы.

Демпфирование зависит от рабочего состояния демпфера Geislinger (Гейслингер), при этом жидкостным демпфированием пренебрегают. Коэффициент демпфирования выражается следующим образом [1]:

$$k = 0,02 + 0,0191 \frac{T_0}{T_{KN}} + 0,1619 \left( \frac{T_0}{T_{KN}} \right)^2,$$

где  $T_0$  – стабильный рабочий момент муфты;

$T_{KN}$  – номинальный крутящий момент муфты.

Особо остро возникает проблема технического состояния демпфера, когда СД судовых дизелей отслужили назначенный ресурс, который составляет от 20 до 30 тыс. часов, и судовладельцы принимают решение о их замене или дальнейшей эксплуатации.

Превышение назначенного ресурса или ранее определенного ресурса СД является основанием для предъявления РКО требований о выполнении проверки технического состояния демпфера.

В этой связи целесообразно рассмотреть существующие, а также предлагаемые подходы к методам оценки работоспособности демпферов. В таблице 1 представлены известные методы контроля технического состояния демпфера.

Таблица 1 – Методы контроля технического состояния силиконового демпфера крутильных колебаний

Метод контроля	Характеристика метода
Контроль наработки демпфера (фактического времени)	Наработка демпфера принимается равной наработке двигателя
Визуальный осмотр демпфера (ежегодные освидетельствования)	Осмотр поверхности демпфера, проверка на деформации и герметичность корпуса.
Анализ проб полиметилсилоксановой жидкости (ПМС-Ж)	Измерение показателей (вязкость, температура вспышки, наличие механических примесей и т.д) и сравнение с предельно допустимыми значениями.

Метод контроля	Характеристика метода
Стендовые проверки демпферов.	Стенд представляет собой простейшую упругую двух массовую систему, имеющую только одну форму свободных колебаний.
Разность температур корпуса СД и соседней части двигателя	Сравнение температуры корпуса демпфера с температурой соседней части двигателя [2].
Торсиографирование системы двигателя – силиконовый демпфер – валопровод – движитель (измерительно-расчетный метод)	Данный способ позволяет оценить общее техническое состояние силиконового демпфера с помощью прибора торсиографа.

Одним из принятых и наиболее распространенных методов контроля технического состояния является торсиографирование, оно выявляет запретные зоны частот вращения и остаточный ресурс демпфера до следующего контрольного торсиографирования.

Измерительно-расчетный метод (РКО Руководство Р.043-2016 [3]) основан на допущении линейной зависимости ресурса от соотношения допускаемых и измеренных при тензометрировании или определенных по результатам торсиографирования напряжений в коленчатом вале.

Согласно методике РКО [3] остаточный ресурс демпфера  $T_{ост}$  (ч) определяется разностью значений предполагаемого ресурса СД  $R$  (ч) и наработки демпфера от начала эксплуатации до контрольного торсиографирования  $T_{нар}$  (ч).

Значительный вклад в более точное определение остаточного ресурса СД может внести определение химических свойств силиконовой жидкости (ПМС-Ж), находящейся в полости демпфера.

Авторами статьи предложена корректировка коэффициента, учитывающего изменение химических свойств силиконовой жидкости в результате ее «старения» за весь период срока службы демпфера. Данный коэффициент Кст в методике РКО Руководство Р.043-2016 входит в определение предполагаемого ресурса СД  $R$  (ч).

В основу моделирования коэффициента «старения» Кст положено изменение химических свойств ПМС-Ж после длительной механической нагрузки, которая составляет 30 тыс. часов и более [4].

В качестве наиболее типичного для моделирования коэффициента «старения» принят коэффициент полидисперсности (KD), то есть соотношение количеств макромолекул различной молекулярной массы в образце.

Ранее исследователями было отмечено изменение количественного содержания ПМС-Ж в полости демпфера в результате длительной нагрузки. Кроме возможных механических потерь полимера, можно предположить возникновение внутри демпфера механохимического процесса, который активируется постоянной и длительной нагрузкой на полимер в полости демпфера и как следствие возникновение процесса механической деструкции ПМС-Ж.

В процессе механической деструкции происходит разрушение мономера до предельной полидисперсности и как следствие образование соединений более низкой молекулярной массы: формальдегид, муравьиная кислота, вода,  $CO_2$ , CO,  $H_2$ , сшитый полимер, включая конечный продукт деструкции – оксид кремния.

На основании проведенных исследований [5] на натуральных силиконовых жидкостях, взятых с эксплуатируемых судовых двигателей 6ЧСП 18/22, 6ЧСПН 18/22, 8ЧСПН 18/22, 6ЧСПН 25/34, 8ЧРН 32/48, принимаем время нагрузки (время эксперимента) в ходе моделирования механообработки (МО), соответствующие числу наработки фактических СД в тыс. час.

Авторами статьи проведено экспериментальное испытание, которое заключалось в механической обработке полимера и определении его остаточных химических свойств.

Механохимические методы активации химических процессов широко используются для механодеструкции органических высокомолекулярных соединений.

С целью моделирования процесса механической деструкции ПМС-Ж предложено использовать центробежно-планетарную мельницу ЭИ-150 воздушного охлаждения. В измельчителях этого типа барабаны совершают два вращения: вокруг оси барабана и вала привода.

Условия эксперимента: механическая обработка ПМС-Ж 10000 в центробежно-планетарной мельнице ЭИ-150 в барабанах с корундовой футеровкой с применением керамических дисков в течении – 5, 10, 30 и 60 минут. Скорость вращения барабанов вокруг собственной

оси ~ 1200 об/мин, соотношение жидкости ПМС-Ж 10 000 и дисков составило 1:2,5. В процессе механической обработки (МО) температура ПМС-Ж 10 000 в барабане варьировалась от 70 до 100°C. Что бы температура ПМС 10 000 не превышала 100°C механообработку жидкости проводили с периодичностью 10 мин.

В результате проведенного эксперимента механической обработки (МО) ПМС-Ж в течении определенного времени на центробежно-планетарной мельнице полученные пробы образцов были проанализированы на жидкостном хроматографе Shimadzu Ic20, с помощью которого получены кривые интегрального и дифференциального молекулярно-массового распределения (ММР) полимера.

Изучение ММР позволяет получить дополнительную информацию о механизмах образования и превращения макромолекул.

Дисперсность полимера характеризует кривая молекулярно-массового распределения (рисунок 1), которую строят в координатах  $n_i$  – числовая доля или процент молекул данной молекулярной массы  $M_i$  как функция молекулярной массы.

Отметим, что на такой кривой  $M_n < M_w$  и  $M_v$  ближе к  $M_w$ , чем к  $M_n$ .

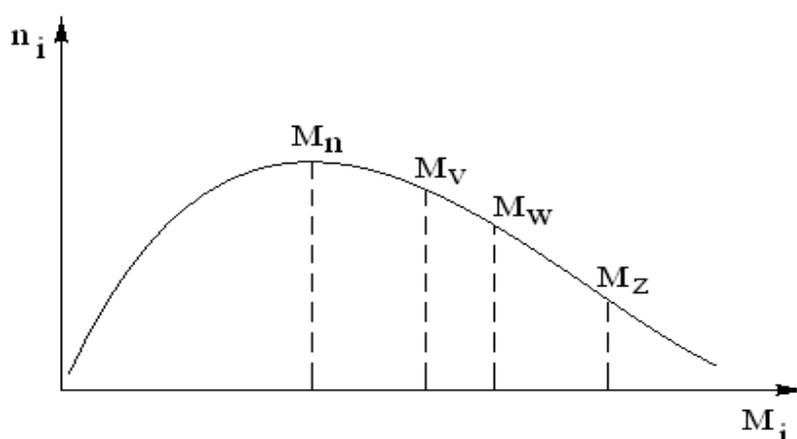


Рисунок 1 – Кривая молекулярно-массового распределения

Чем более пологой является кривая, тем шире полидисперсность образца. На рисунке 2 образец 1 имеет более узкое молекулярно-массовое распределение и, значит, меньшую полидисперсность, чем образец 2, хотя среднечисловые молекулярные массы образцов равны.

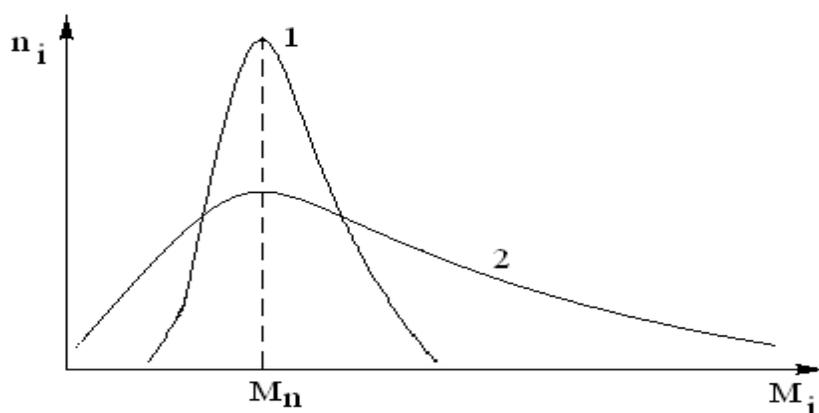


Рисунок 2 – Кривые молекулярно-массового распределения образцов полимера с меньшей (1) и большей (2) полидисперсностью

Полидисперсность является важной характеристикой полимера. Она характеризует интервал изменения молекулярных масс и относительное содержание молекул с промежуточными молекулярными массами.

Для быстрой прикидочной оценки полидисперсности полимера надо определить  $M_w$  и  $M_n$  и найти отношение  $M_w / M_n$ . Эта величина всегда больше 1, но чем она ближе к единице, тем уже молекулярное распределение и меньше полидисперсность полимера.

В результате полимеризации, подчиняющейся простым статистическим законам, обычно образуются полимеры с ММР, имеющим один максимум (унимодальное ММР), и отношением средневесовой молекулярной массы  $M_w$  к среднечисловой молекулярной массе  $M_n$  близким к 2.

Если ММР полимера становится очень широким  $M_w/M_n \geq 2$ , то физико-механические свойства, как правило, ухудшаются. Отношение  $M_w/M_n$  называется коэффициентом полидисперсности (KD).

В результате проведенного исследования соотношения в экспериментальных пробах  $M_w/M_n$  больше 2 и составило от 2,1998 до 7,8951, что говорит о значительном ухудшении физико-химических свойств полимера после механической обработки.

В таблице 2 представлен вариант модели коэффициента «старения» СД с учетом полидисперсности, Кст.пд.

Таблица 2 – Моделирование коэффициента старения

Механообработка (МО) (эксперимент), мин.	Наработка силиконового демпфера (СД), час	Коэффициент полидисперсности, $KD=M_w/M_n$	Коэффициент «старения» с учетом полидисперсности (модель), Кст.пд.
исходная проба ПМС-Ж	0	1,8623	1,000
5	15 000	2,1998	0,972
-	20 000	2,1864	0,973
10	25 000	2,3873	0,956
-	30 000	2,8864	0,915
30	40 000	4,4587	0,784
-	50 000	4,2864	0,799
-	70 000	5,6864	0,682
60	100 000	7,8951	0,500

Для полученных экспериментальных данных была построена модель методом линейной регрессии (рисунок 3).

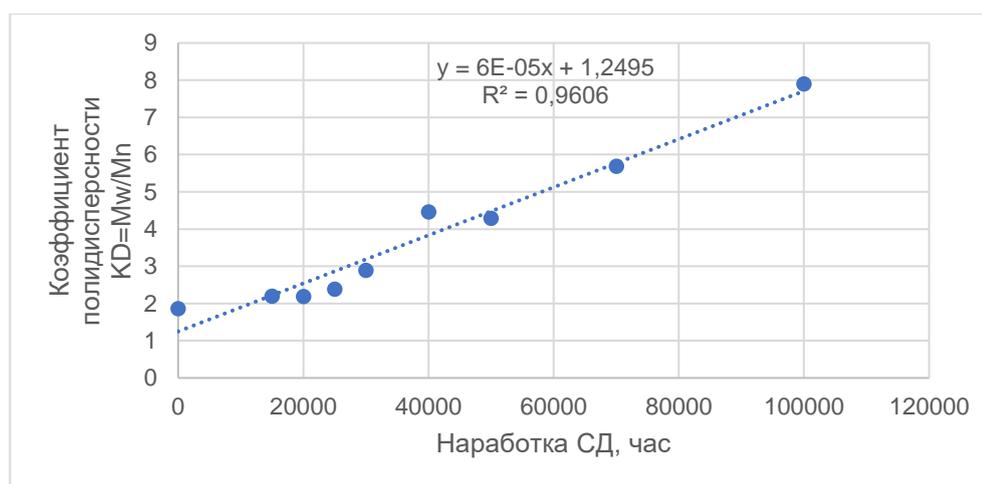


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента полидисперсности KD от наработки СД, час

Полученные коэффициенты и метрики модели приведены в таблице 3. Полученные значения среднего абсолютного отклонения не превышают погрешности экспериментального определения величины наработки СД, следовательно, полученная модель удовлетворительно описывает экспериментальные данные.

Вне пределов ошибки экспериментального определения величины коэффициента полидисперсности KD находятся точка 1 и точка 6, что позволяет сделать вывод о линейном характере зависимости коэффициента полидисперсности KD от наработки СД при значениях

СД выше 15000. Точка 1 по всей видимости находится вне линейного участка, где деградация полимера происходит со значительно меньшей скоростью. Точка 6 скорее всего является артефактом эксперимента.

Таблица 3 – Величины коэффициентов линейной зависимости  $y=kx+b$  и значения метрик модели

Величина	Значение
k	6.0e-05
b	1.2495
R2	0.9606
Среднеквадратичное отклонение	0.143
Среднее абсолютное отклонение	0.317

Поскольку ММР напрямую связан со свойствами полимера, возможно предложить эмпирическую зависимость коэффициента старения от экспериментально полученного ММР, избегая таким образом возможных ошибок, связанных с выработкой ресурса. В настоящей работе принято, что для образца без проведения механической обработки Кст.пд. составляет 1,0, а для последнего образца после максимальной механической обработки 0.5.

В таком случае возможно смоделировать зависимость коэффициента «старения» с учетом полидисперсности полимера Кст.пд. от коэффициента полидисперсности КD линейной зависимостью методом интерполяции.

Полученные параметры приведены в таблице 4, графически зависимость отображена на рисунке 4.

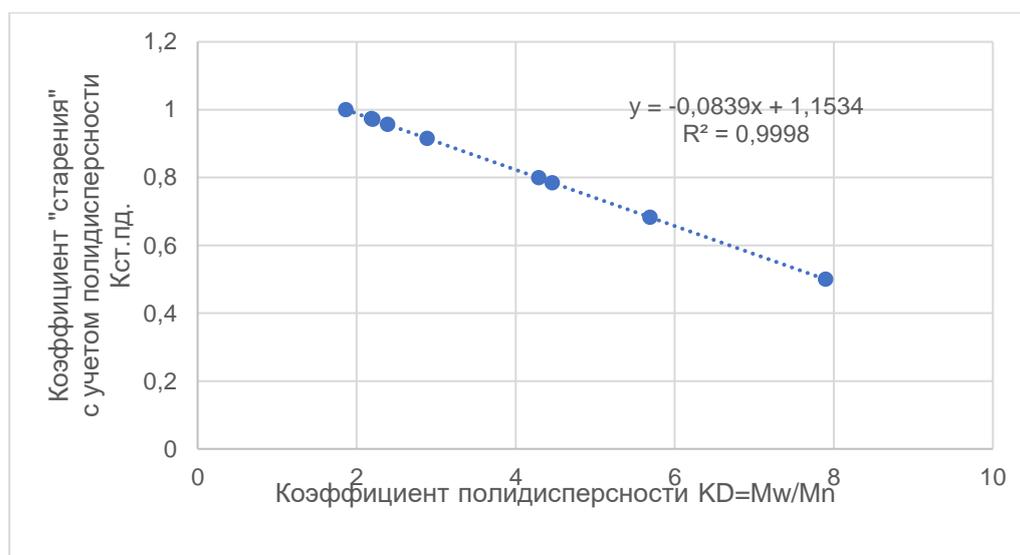


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента полидисперсности КD от коэффициента «старения» с учетом полидисперсности полимера

Таблица 4 – Величины коэффициентов линейной зависимости  $y=kx+b$  и значения метрик модели

Величина	Значение
k	-0.0839
b	1.1534
R2	0.999

Исходя из того, что КD полимера и наработка СД связаны линейной зависимостью, то для связи Кст.пд. с наработкой СД также подойдет линейная зависимость в этом диапазоне.

Также возможно линейно интерполировать коэффициент старения относительно наработки СД. В таком случае зависимость имеет строго линейный вид, рисунок 5.

Полученные коэффициенты и метрики модели приведены в таблице 5.

Исходя из проведенного моделирования коэффициента старения силиконового демпфера для определения предполагаемого ресурса СД R (ч) в зависимости от наработок СД с учетом коэффициента полидисперсности силиконовой жидкости можно предложить вариант Кст.пд., таблица 6.

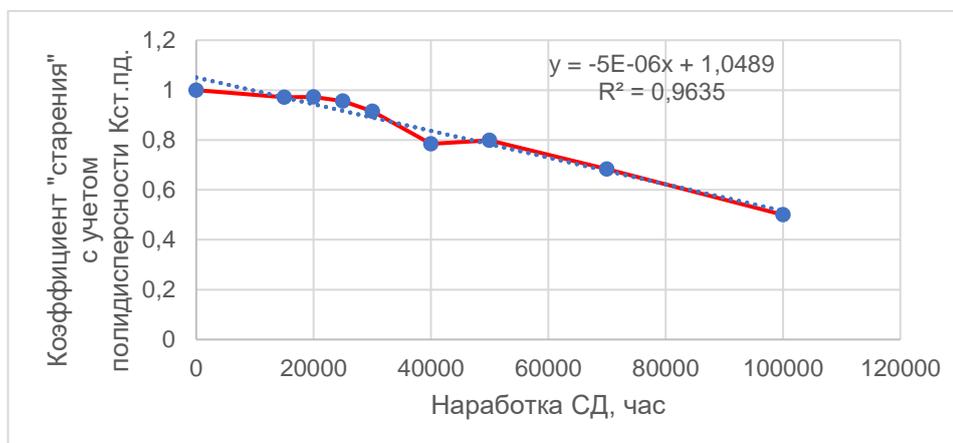


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента «старения» с учетом полидисперсности Кст.пд. от наработки СД, час

Таблица 5 – Величины коэффициентов линейной зависимости  $y=kx+b$  и значения метрик модели

Величина	Значение
k	- 5e-06
b	1.0489
R2	0.9635

Таблица 6 – Предлагаемый вариант Кст.пд

T нар. тыс. часов	20-30	30-50	50-70	70-100
Кст.пд	0,99-0,92	0,92-0,80	0,80-0,68	0,68-0,50

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Shengping Fu, Ning Luo, Hanlin Huang, Yuhan Zhou, Wei Ming, « Torsional Vibration Attenuation Characteristics and Stiffness Identification of Flexible Coupling in Vehicle Power Train» Shock and Vibration, vol. 2020, article number 8851581, 13 pages, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/885158>
- Патент РФ №2287797, 20.11.2006. Способ контроля технического состояния силиконового демпфера. М.Я. Роземблум, Н.Н. Фомин.
- Руководство Р.043-2016 «Оценка работоспособности силиконовых демпферов крутильных колебаний судовых двигателей внутреннего сгорания»- М.: Российский Речной Регистр, 2016г.
- Глушков С.П., Глушков С.С., Ярославцева А.С. Исследование процессов термического разложения силиконовой жидкости в судовых демпферах // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего востока. 2006. №2. с.111-112.
- Бородина О.Ю. Глушков С.П., Панова А.Н. Исследования влияния характеристик полиметилсилоксановой жидкости на работоспособность силиконового демпфера судовой энергетической установки //Речной транспорт (XXI век). 2023.- №4 (108). – с.47-50.

REFERENCES

- Shengping Fu, Ning Luo, Hanlin Huang, Yuhan Zhou, Wei Ming, « Torsional Vibration Attenuation Characteristics and Stiffness Identification of Flexible Coupling in Vehicle Power Train» Shock and Vibration, vol. 2020, article number 8851581, 13 pages, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/885158>
- RF Patent No. 2287797, November 20, 2006. A method for monitoring the technical condition of a silicone damper. M.Ya. Rozemblum, N.N. Fomin.
- Manual R.043-2016 “Evaluation of the performance of silicone dampers of torsional vibrations of marine internal combustion engines” - M.: Russian River Register, 2016.
- Glushkov S.P., Glushkov S.S., Yaroslavtseva A.S. Study of the processes of thermal decomposition of silicone liquid in ship dampers // Scientific problems of transport of Siberia and the Far East. 2006. No. 2. p.111-112.
- Borodina O.Yu. Glushkov S.P., Panova A.N. Research on the influence of the characteristics of polymethylsiloxane liquid on the performance of a silicone damper of a ship power plant // River transport (XXI century). 2023.-№4 (108). – p.47-50.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Силиконовый демпфер, крутильные колебания СЭУ, работоспособность демпфера, остаточный ресурс, полиметилсилоксан, коэффициент старения, коэффициент полидисперсности.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бородина Олеся Юрьевна аспирант кафедры Судовых энергетических установок ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Глушков Сергей Павлович, доктор технических наук, профессор кафедры Судовых энергетических установок ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ ЛЕСНЫХ И МЕШКОВЫХ ГРУЗОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.П. Носов, Ю.С. Чернышова, К.А. Пащенко

### TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR TRANSSHIPMENT OF FOREST AND BAGGED GOODS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

V.P. Nosov (Ph.D. of Technical Sciences, Professor of SSUWT)

Ju.S. Chernyshova (Student of SSUWT)

K.A. Pachenko (Student of SSUWT)

**ABSTRACT:** The main requirements for timber and bagged labor-intensive cargoes during their transportation by Russian transport enterprises using transshipment and transportation transport technologies, logistics delivery schemes in historical and modern conditions are considered.

**Keywords:** Technologies, means of transshipment, characteristics of forest and bagged goods, large-capacity containers.

Рассмотрены основные требования, предъявляемые к лесным и мешковым трудоёмким грузам при перевозках их российскими транспортными предприятиями с использованием перегрузочных и перевозочных транспортных технологий, логистических схем доставки в исторических и современных условиях.

В транспортной логистике принято выделять различные типы грузов, которые нуждаются в соблюдении особых требований к процессу их перевозки, в том числе и к крупнотоннажным контейнерам. Лесные и мешковые грузы – одни из таких грузов – трудоёмких и сложных [3].

Указанные грузы в своей совокупности составляют достаточно высокий процент во всей массе перевозок, производимых в России. Важно учитывать и тот факт, что для каждого рода груза существуют свои особенности, описанные в правилах транспортных перевозок, которые необходимо выполнять.

Требования настоящего времени – обеспечивать повышение конкурентоспособности российской транспортной системы, включая и транспортное обслуживание грузов. Несомненно, перевозка мешковых и лесных грузов была и остается достаточно востребованной услугой.

Особенности перевозки лесных и мешковых грузов

Транспортная логистика при перевозках лесных и мешковых грузов имеет свою специфику. Эту специфику важно учитывать при организации грузоперевозок, поскольку она влияет на выбор эффективных: транспортных средств, маршрутов доставки, ряд других требований.

Лесные грузы, предъявляемые к перевозке, подразделяются на виды:

- круглый лес;
- пиломатериалы;
- лес тесаный и колотый;
- технологическая щепка;
- изделия из леса [7].

К круглому лесу относят лесоматериалы, получаемые поперечным делением бревен. Пиломатериалы – продукция из древесины, получаемая в результате продольного деления бревен на части, продольного и поперечного раскроя полученных частей, рисунок 1. К тесаному и колотому лесу относят клепку для бочек, комплекты для ящиков, паркет и многое другое.



Рисунок 1 – Круглый лес, перевозимый транспортными средствами

Щепа технологическая – сырье для производства целлюлозы, древесных плит и химических производств. К изделиям из леса относятся также фанеру, сборные дома, мебель.

Древесина, предъявляемая к перевозке, обладает различными физико-механическими свойствами, зависящими от породы дерева.

В зависимости от исходного сырья лесоматериалы разделяются на породы:

- хвойные: лиственница, сосна, ель, пихта, кедр и арча;
- лиственные: береза, осина, бук, дуб, ольха, липа, граб, ясень, тополь, клен, саксаул, вяз, ильм, ивовые.

К основным свойствам транспортных характеристик лесных грузов относят: объемную массу, влажность, плотность, цвет, запах и пороки древесины. Объемная масса имеет значение при приеме и сдаче леса по замеру, а также для расчетов планов загрузки судна. Величина объемной массы зависит от породы дерева, его влажности и формы распиловки [5].

В мешках перевозят различные сыпучие грузы растительного происхождения, порошкообразные и пылевидные вещества, соли, плавящиеся и твердые вещества, т.е. грузы, не требующие защиты от сложных механических повреждений. Мешки являются мягкой упаковкой и разделяются на виды в зависимости от материала изготовления: на тканевые (джутовые и льнокенафные), бумажные, рогожные (кули) и пластичные [2].

Хотя прочность мешковой тары невелика, мешки выдерживают статическую нагрузку до 8–10 т/м<sup>2</sup> в зависимости от прочности материала мешка, его состояния, затаренного рода груза, от способа его укладки. Этот вопрос имеет большое практическое значение и требует тщательного исследования, так как ограничения высоты штабелирования мешковых грузов не всегда достаточно обоснованы [9].

Например, при затаривании горячего цемента мешки не выдерживают морской перевозки. Наибольшее внимание к сохранности груза, упакованного в мешковую тару, уделяется при перегрузке груза.

Мешки из эластичной пластмассы надежно изолируют содержимое от воздействия влаги, запахов, пыли, но требуют дополнительной упаковки в тканевые или бумажные мешки для предотвращения от механических повреждений [6].

Организация перегрузки лесных и мешковых грузов в крупнотоннажных контейнерах.

Применяемые способы механизированной перегрузки древесины на лесовозный транспорт разделяют на три группы.

1. Перегрузка древесины трелевочными тракторами и лебедками.

При этом применяются различные установки для крупнопакетной погрузки, с помощью трелевочного трактора, реже трелевочные лебедки.

2. Перегрузка специальными машинами с самостоятельным приводом.

Это различные стреловые краны (портальные, железнодорожные, автомобильные, тракторные) и погрузчики с челюстными грузозахватными устройствами.

3. Перегрузка навесными погрузочными устройствами на транспортных машинах.

Эти устройства монтируют на судах, автомобилях, тракторах (форвардеры), двигатель которых используется для погрузки. Применяют навесные устройства двух основных типов: канатные и гидро-манипуляторные.

Существуют способы технологических процессов контейнерной перегрузки деревьев, хлыстов и сортиментов. При осуществлении этих способов перегрузочных работ контейнер транспортируют к лесо-перегрузочному пункту специальными тягачами, после чего его заполняют и при помощи лебедки натаскивают на базовую машину.

Перегрузки круглого леса осуществляются навалом, рисунок 2. Транспортное средство может дополнительно оборудоваться краном-манипулятором, но тогда оно имеет меньшую грузовую платформу, что снижает использование грузоподъемности подвижного состава. Однако наличие собственного манипулятора позволяет осуществлять перегрузочные процессы с грузом без дополнительных перегрузочных машин, что ускоряет процессы грузовых работ, снижает транспортные издержки [4].

Пиломатериалы из брёвен получают распиливанием вдоль их волокон.

Перед выполнением перегрузочных процессов пиломатериалы укладывают в штабели. При этом штабель должен состоять из пиломатериалов одной породы и толщины. Под штабельное основание делается прочным, а его верх – горизонтальным. Длина основания должна равняться длине штабеля.



Рисунок 2 – Перегрузка круглого леса в местах их заготовки



Рисунок 3 – Технические средства перегрузки и перевозки пиломатериалов:  
а – автопогрузчик; б – мостовой кран; в – бортовой грузовой автомобиль

Штабеля формируют правильной геометрической формы – в виде параллелепипеда, боковые и торцовые поверхности должны быть строго вертикальны. Для сохранения качества груза укладывают деревянные прокладки. Типы перегрузочных средств используют в зависимости от габаритов и массы штабеля.

Для выполнения перегрузочных процессов с пиломатериалами используют автопогрузчики, краны, экскаваторы и манипуляторы, рисунок 3. Перевозка пиломатериалов может осуществляться как специализированным транспортными лесовозами, так и неспециализированными.

При использовании древесины для строительства или мебели древесные отходы достигают 35 %. Отходы образуются при вырубке леса, использовании круглого леса, первичной или вторичной обработке. Это могут быть: обрезки древесины, кора, горбыль, стружки, опилки, дроблёнка, древесная мука и пыль.

Все эти виды отходов древесины используются вторично.

Существует 3 способа перегрузки лесных отходов на транспорт.

1. Загрузка из щепорубильной машины.

Переработанная щепа поступает в бункер и под действием силы тяжести она загружается в подвижной состав.

2. Использование пылесосов.

Используют их при перегрузке щепы в сухом виде.

3. Применение ковшовых погрузчиков, рисунок 4.

Для автоматизированной перегрузки мешковых грузов могут быть использованы установки BEUMER autoras серий 2400 и 3000, рисунок 5.

Установки BEUMER autoras серий 2400 и 3000 имеют возможности автоматической загрузки грузовых автомобилей с одновременным пакетированием мешков, заполненных сыпучими материалами – например, цементом. Все операции выполняются производительными и с необходимой схемой укладки мешков.

При этом BEUMER autoras потребляет минимум энергии, надежно работает в пыльной среде, легок в обслуживании и управлении. Машина также может работать с клапанными мешками из бумаги и полипропилена.



Рисунок 4 – Виды перегрузочных и перевозочных средств для перевозки отходов лесной промышленности:  
а – ковшовый погрузчик; б – щеповоз

Порядок работы устройства:

- порожний грузовой автомобиль подъезжает под BEUMER autorac. Для погрузки и пакетирования мешков с цементом оператор вводит на терминале управления программу - BEUMER Group Human Machine Interface (HMI) – количество мешков, схему укладки, желаемое количество рядов и слоев;
- слева и справа на BEUMER autorac имеются лазерные позиционирующие устройства, проецирующие посредством красных лучей внешние контуры машины и помогающие оператору правильно располагать пакет на грузовике;
- BEUMER autorac из стартовой позиции приступает к автоматической погрузке – мешок за мешком поступают непосредственно из фасовочной машины по ленточным транспортерам. Использование электронной системы подсчета мешков гарантирует, что грузовик не будет недогружен или перегружен. Оператору не нужно вносить какие-либо коррективы;
- чтобы обеспечить наибольшую стабильность груза в кузове и оптимально использовать доступную площадь, два смежных слоя укладываются в зеркальном отображении. Два расположенных друг над другом ленточных транспортера разглаживают мешки перед погрузкой, удаляя из них лишний воздух [1].

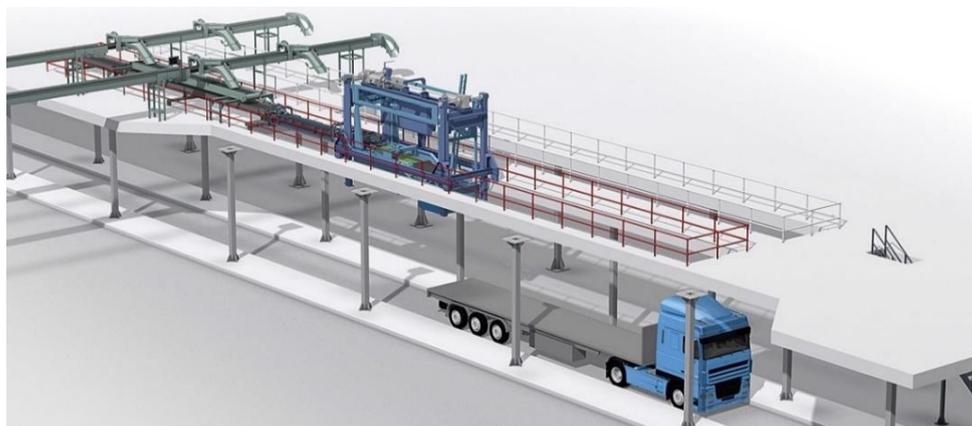


Рисунок 5 – BEUMER autorac с программой Group Human Machine Interface (HMI) серии 2400 и 3000 для пакетирования и перегрузки мешковых грузов

– мешки, после укладки, также прижимаются погрузочным устройством для компактности и стабильности штабеля, одновременно подготавливается следующий слой. Линии подачи мешков можно адаптировать к любым условиям работы на месте. BEUMER располагает соответствующими техническими регламентами для гибкого конструирования участков и транспортировки.

При ручной погрузке грузовых автомобилей – процесс трудоемкий из-за высокой физической нагрузки рабочих, в условиях пылеобразования и низких: производительности и качества формирования штабелей из мешков.

Эти проблемы полностью устраняются при использовании BEUMER autorac. Грузовые операторы оптимизируют рабочие процессы, значительно повышают производительность

погрузки и обеспечить максимальную эффективность – от фасовки до полной загрузки транспортных средств [8].

Погрузка вещей (мебель) в крупнотоннажные контейнеры.

Как правильно грузить вещи (мебель) в крупнотоннажный контейнер?

Важный фактор, который необходимо учитывать – масса вещей, а также:

– они должны равномерно распределяться по контейнеру. После погрузки специалисты рекомендуют устанавливать специальный щит из дерева, который предотвратит внутренние перемещения и критическую нагрузку на двери контейнера;

– обеспечивать сохранность доставляемого груза – без его повреждений.

Плюсы и минусы перевозки вещей в контейнерах. Перевозка вещей контейнерами имеет больше плюсов, чем минусов.

1. Отсутствует необходимость перегружать вещи с транспорта на транспорт.

2. Перевозка мебели, техники, посуды – с сохранением их целостности.

3. Исключаются потери вещей.

4. Выполняется быстрая скорость перегрузки товара в сравнении с другими способами.

5. Не требуется дополнительная тара для укомплектовки предметов, с целью сохранения их целостности.

6. Сокращаются перевозочные расходы.

7. Гарантируется полная сохранность перевозимого имущества [10].

Загрузка трудоёмких грузов в крупнотоннажные контейнеры.

1. При загрузке контейнеров стандарта ИСО учитываются их внутренние размеры.

2. Использование контейнеров зависит от схемы размещения и количества грузов, загружаемых в один и тот же контейнер, также может быть погружено различное число грузовых мест в зависимости от их типоразмеров.

3. Общая вместимость грузов, размещаемых в контейнере, зависит и от количества ярусов делением высоты контейнера на размеры отдельного места.

4. После определения общего числа грузовых мест, вмещаемых в контейнер, рассчитывают их общую массу, с учётом:

– полезной нагрузки на контейнер;

– обеспечения плотности укладки;

– способа крепления штабеля.

5. Важно, чтобы при загрузке контейнеров нижние ярусы укладывались полными, оставляя для неполной укладки верхние ярусы.

6. До начала загрузки пол внутри контейнера необходимо выложить бумагой или картоном.

7. Укладку в контейнере следует производить вплотную к торцевым и боковым стенкам, друг к другу и сразу на полную высоту контейнера – с целью снижения до минимума необходимости крепления штабеля.

8. Допускается наличие небольшого зазора между торцами и боковыми стенками.

Что касается мешковых грузов, то здесь необходимо принять все необходимые меры, которые требуют исключения порчи потребительских свойств груза. Это касается в первую очередь подмочки груза.

В случае, когда судно не имеет съёмного решетчатого деревянного настила, то необходимо под нижние слои такого груза разместить сепарацию [11].

Подводя итог всему вышесказанному, можно отметить, что очень важно профессионально подходить к вопросам перевозки лесных и мешковых грузов.

1. Правильное выполнение правил и договоров перевозок грузов существенно увеличивает скорость доставки грузов и позволяет качественно выполнять все цепи доставки продукции, обеспечивать полную сохранность перевозимой продукции, делает перевозки эффективными с учётом качественного соблюдения экономических и партнёрских связей на всём пути доставки продукции – от производителя до потребителя и между бизнес-партнерами.

2. В настоящее время, время середины тридцатых годов двадцать первого века, перевозки грузов не ограничиваются только одним видом транспорта, одним перегрузочным маршрутом и одной страной – поэтому перевозки должны быть взаимовыгодными и конкурентоспособными для всех участников выгодной мультимодальной и логистической систем доставки продукции потребителям [12].

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Бобина М. А. Особенности организации и оформления грузов при международных перевозках в контейнерах, с предварительной кантовкой их при погрузке // Молодой ученый. - 2013. - № 9 (56). - С. 7-40.
2. Воронов В. И. Методологические основы формирования и развития региональной логистики: Монография. - Владивосток: Изд-во Дальневосточного Университета, 2003. - 316 с.
3. Воронов В. И., Воронов А. В., Лазарев В. А., Степанов В. Г. Международные аспекты логистики: Учебное пособие. - Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2002. - 168 с.
4. Гагарский Э. А., Кириченко С. А., Кириченко А. С. Развитие перевозок насыпных и навалочных грузов в универсальных контейнерах. // Бюллетень транспортной информации. - 2010. - № 4. - С. 14-18.
5. Гришкова Д. Ю. Логистика транспортировки лесных грузов // Актуальные вопросы экономики и управления: материалы I Междунар. науч. конф. (г. Москва, апрель 2011 г.). - Т. 2. - М.: РИОР, 2011. - С. 227-229.
6. Парлюк Е. П. Основы логистики. - М.: ООО УМЦ «Триада», 2016. - 105 с.
7. Позамантир Э.И. Учет неравномерности перевозок грузов при планировании работы транспорта - М.: Транспорт, 1974. - 168 с.
8. Савин В.И. Перевозки грузов автомобильным транспортом - М., 2004 - 338 с.
9. Сарафонова Е.В., Евсеева А.А., Копцев Б.П. Грузовые автомобильные перевозки - М., 2006 - 254 с.
10. Турышева Е. С. Комплексная механизация процесса транспортирования сыпучих грузов // Молодой ученый. - 2017. - № 52 (186). - С. 61-63.
11. Как упаковать мебель для перевозки контейнером: [сайт]. - 2024. URL: <https://такелаж-1.рф/novosti/kak-upakovat-mebel-dlya-perevozki-kontejnerom>. (Дата обращения 26.01.2024) 2024. - Текст: электронный
12. Загрузка универсальных контейнеров: [сайт]. - 2024. URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-mintransa-rf-ot-22101997-n-129/pravila-morskoi-perevozki-bumagi-kartona/6/6.9/>. (Дата обращения 26.01.2024) - Текст : электронный

**REFERENCES**

1. Bobina M. A. Features of the organization and registration of goods during international transportation in containers, with their preliminary edging during loading // Young Scientist. - 2013. - № 9 (56). - Pp. 7-40.
2. Voronov V. I. Methodological foundations of the formation and development of regional logic: Monograph. Vladivostok: Publishing House of the Far Eastern University, 2003. 316 p.
3. Voronov V. I., Voronov A.V., Lazarev V. A., Stepanov V. G. International aspects of law: A study guide. Vladivostok: Publishing House of VSUES, 2002. 168 p.
4. Gagarsky E. A., Kirichenko S. A., Kirichenko A. S. Development of bulk and bulk cargo transportation in universal containers. // Bulletin of transport information. - 2010. - No. 4. - pp. 14-18.
5. Grishkova D. Y. Logistics of transportation of forest goods // Actual issues of economics and management: materials of the I International Scientific Conference (Moscow, April 2011). - Vol. 2. - M.: RIOR, 2011. - pp. 227-229.
6. Parlyuk E. P. Fundamentals of logistics. - M.: LLC UMTS "Triada", 2016. - 105 p.
7. Pozamantir E.I. Accounting for the uniformity of cargo transportation in the planning of transport work - M.: Transport, 1974. - 168 p.
8. Savin V.I. Transportation of goods by road - M., 2004 - 338 p.
9. Sarafonova E.V., Evseeva A.A., Koptsev B.P. Freight automobile transportation - M., 2006 - 254 p.
10. Turysheva E. S. Complex mechanization of the bulk cargo transportation process // Young Scientist. - 2017. - № 52 (186). - Pp. 61-63.
11. How to pack furniture for transportation by container: [website]. - 2024. URL: <https://такелаж-1.рф/novosti/kak-upakovat-mebel-dlya-perevozki-kontejnerom>. (Accessed 26.01.2024) 2024. - - Text: electronic
12. Loading universal containers: [website]. - 2024. URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-mintransa-rf-ot-22101997-n-129/pravila-morskoi-perevozki-bumagi-kartona/6/6.9/>. (Accessed 26.01.2024) - Text : electronic

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Технологии, средства перегрузки, характеристики лесных и мешковых грузов, крупнотоннажные контейнеры.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Носов Владимир Павлович, кандидат технических наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Чернышова Юлия Сергеевна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Пащенко Ксения Андреевна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**О.В. Щербакова, А.В. Деньк, С.Д. Савченко**

### **FEATURES OF APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES FOR THE MANUFACTURE OF PARTS OF LOAD-LIFTING MACHINERY**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**O.V. Shcherbakova** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**A.V. Denk** (Master's student of SSUWT)

**S.D. Savchenko** (Master's student of SSUWT)

**ABSTRACT:** In the article, the authors consider modern additive technologies, which are widely used in various industries. The advantages and disadvantages of additive manufacturing are explored, with the possibility of its application in crane construction. The existing international standards are analyzed and a classification of additive technologies is presented, as well as examples of the use of various materials for three-dimensional printing.

**Keywords:** *Additive technologies, crane construction, 3D-printing, additive manufacturing, mechanical engineering.*

В статье авторы рассматривают современные аддитивные технологии, которые широко используются в различных отраслях промышленности. Исследуются преимущества и недостатки аддитивного производства, с возможностью его применения в краностроении.

Проанализированы имеющиеся международные стандарты и представлена классификация аддитивных технологий, а также примеры использования различных материалов для трехмерной печати.

Впервые, технология трёхмерной печати появилась ещё в конце 80-х гг. XX века и носила название, как технология «быстрого прототипирования». В последующие годы, в мире 3D моделирования начал наблюдаться активный рост в сфере софта для этой области, а также появление различного оборудования, например, лазерных машин, что привело к моральному устареванию этой технологии.

Наступило время аддитивных технологий, которые стали все более популярнее и широко применяемыми в различных отраслях промышленности, благодаря активному развитию цифровых технологий. Суть аддитивной технологии Additive Fabrication (AF) проста и включает в общем случае следующий порядок действий: сначала выполняется CAD-модель – затем сам процесс производства с использованием AF-машин и на выходе получаем проектную деталь (изделие).

В настоящее время эти технологии находятся на пике своего развития, поэтому активно проводят исследования по улучшению аддитивного производства. Одновременно с этим разрабатываются международные стандарты, которые помогают установить единые требования и руководства для использования аддитивных технологий. Это способствует не только расширению применения аддитивного производства, но и повышению качества и надежности производимых изделий.

Сегодня развитие трехмерной печати, неразрывно связано с взаимодействием технологий: проектирования (CAD), расчетов и моделирования (CAE) и механической обработки (CAM). Аддитивные технологии являются важным инструментом в производстве, позволяя оптимизировать процессы, сократить сроки изготовления прототипов и серийных изделий, а также улучшить качество и экономичность производства [1].

Поэтому возник вопрос в актуальности применения аддитивных технологий в машиностроении, в том числе в производстве грузоподъемных машин, с возможностью оценки преимуществ и выявления возможных трудностей, с которыми могут столкнуться производители при внедрении этих технологий.

Как известно, аддитивные технологии позволяют изготавливать любое изделие послойно на основе компьютерной 3D-модели, что также иногда называют «выращиванием» из-за постепенности изготовления. В отличие от традиционного производства, где изначально имеется заготовка, которая затем обрабатывается, аддитивные технологии позволяют создавать объект из аморфного расходного материала путем послойного наращивания (рисунок 1). В зависимости от технологии, объект может создаваться слой за слоем, практически безотходно, при этом получать и сохранять различные свойства будущей детали [2].

Общую схему современного аддитивного производства можно изобразить в виде следующей последовательности (рисунок 2).

Во время печати принтер считывает 3D-файл, содержащий данные трехмерной модели, и наносит последовательные слои материала, выстраивая трехмерную модель из серии поперечных сечений CAD-модели. Технология позволяет создать компьютерную модель, распечатать её и перенести готовое изделие в CAD-файл для тиражирования или модификации, используя оптическое сканирование объекта. Все действия выполняются в цифровой системе, что означает переход к «безбумажным» технологиям без традиционной бумажной документации.

Преимущества аддитивного производства включают возможность создания сложных геометрических форм, простоту обучения персонала, экономию сырья, мобильность производства и быструю адаптацию к рыночным изменениям. Также предоставляется возможность кастомизации производства и создания индивидуальных изделий для заказчиков.

Недостатки аддитивного производства включают высокую стоимость оборудования и материалов, невысокую производительность, необходимость дополнительной механической обработки и неоднородность свойств материала с плохой воспроизводимостью.

Общая оценка преимуществ и трудностей аддитивного производства показывает, что технология имеет значительный потенциал для создания сложных и индивидуальных изделий, однако есть ряд ограничений, таких как высокие затраты и недостатки в производительности и материалах. Требуется дальнейшее совершенствование технологии и снижение затрат,

чтобы аддитивное производство стало более доступным и эффективным для широкого использования [1].

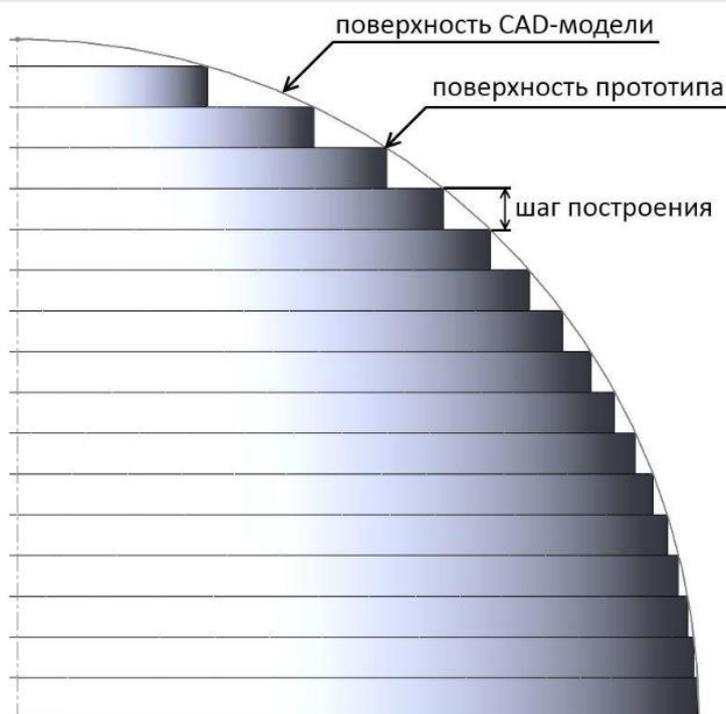


Рисунок 1 – Послойный принцип построения модели



Рисунок 2 – Общая схема аддитивного производства

В отличие от традиционных субтрактивных производственных процессов, таких как сверление, фрезерование, распиловка и протяжка, 3D-печать позволяет напрямую создавать трехмерные детали путем последовательного наложения слоев материала. Это предоставляет практически бесконечные возможности для быстрого создания прототипов.

Большинство материалов, включая металлы, керамику и полимеры, могут использоваться в качестве сырья для 3D-печати при изготовлении разнообразных изделий. Таким образом, 3D-печать применяется во многих областях, таких как биомедицина, машиностроение, авиация, космонавтика, электроника и микроэлектроника.

Схематично различия в традиционном и аддитивном производстве можно изобразить следующей схемой, показанной на рисунке 3:

В настоящее время разработаны международные стандарты, которые устанавливают терминологию, определения и общие принципы применения аддитивных технологий. Эти стандарты также содержат требования к материалам, контролю качества и другим аспектам процесса. Разработкой данных стандартов занимается технический комитет F42, который состоит из более чем 600 экспертов из 25 стран мира. Комитет был создан совместными усилиями двух организаций: "ASTM International" (American Society of Testing Materials) и "ISO" (International Organization for Standardization).



Рисунок 3 – Различия в традиционном и аддитивном производстве

Для удобства классификации аддитивных технологий, комитет F42 разработал 7 групп, включающих определенные методы.

1. Material extrusion – выдавливание материала.
2. Material Jetting – разбрызгивание материала, струйные технологии.
3. Binder Jetting – разбрызгивание связующего.
4. Sheet Lamination – соединение листовых материалов.
5. Vat Photopolymerization – фотополимеризация в ванне.
6. Powder Bed Fusion – расплавление материала в заранее сформированном слое.
7. Directed Energy Deposition – прямой подвод энергии непосредственно в место построения.

В нашей стране в 2015 году при Росстандарте создан технический комитет №182 «Аддитивные технологии». В его работе принимают участие 66 российских технологических компаний, в их числе Росатом, а также технические университеты, в том числе МГТУ имени Баумана. Сейчас комитет работает над проектами пяти новых стандартов в сфере 3D-технологий [6].

Все разработанные классификации и стандарты помогают установить общую терминологию и принципы работы в области аддитивных технологий, что способствует развитию и применению этих методов в различных отраслях промышленности.

Рассмотрим подробно материалы, которые нашли применение в трёхмерной печати.

Полистирол – это один, из самых распространенных материалов для создания моделей, которые потом сжигаются при литье. С развитием технологий слоевого синтеза он стал очень востребованным в сфере прототипирования, а также для производства единичных и мелкосерийных изделий. Данную технологию часто применяют для изготовления отливок сложной формы относительно больших размеров с умеренными требованиями по точности.

Модель из полистирола укрепляют и соединяют с литником и формой восковым составом – это инфильтрация. Потом модель обрабатывают в печи другим восковым составом (инфильтрированные модели красные, а полистирольные белые). Воск помогает удалять полистирол из формы при выжигании, уменьшая его массу и зольность.



Рисунок 4 – Полистирольная модель головки цилиндра ДВС



а) б)

Рисунок 5 – Полистирольная модель:  
а – после «выращивания»; б – после инфильтрации

Порошковый полиамид используют для создания литейных форм и прототипов. Полиамидные изделия устойчивы и похожи на готовые продукты [4].

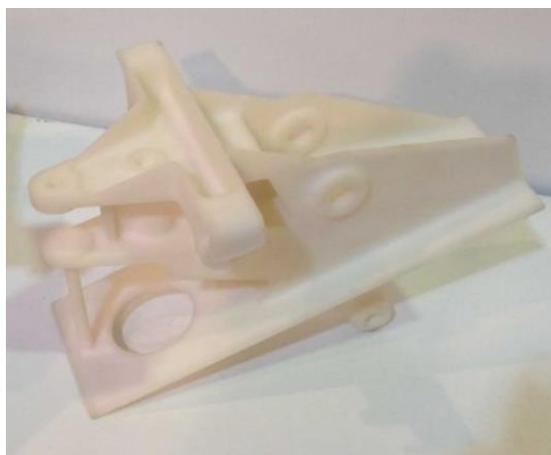


Рисунок 6 – Модель кронштейна



Рисунок 7 – Модель крышки



Рисунок 8 – Модель впускной трубы



Рисунок 9 – Модель головки цилиндров ДВС

В настоящее время при производстве мостовых и козловых кранов, а также при их эксплуатации и ремонте, активно используются материалы с высоконадежными характеристиками работы и отличными проектировочными и конструкторскими наработками, например из пластика PLA для проектирования тормозных накладок механизма подъема груза мостового крана грузоподъемностью 30 тонн (рисунок 10).

Для создания деталей с высокой точностью нужно больше времени и внимания. После того, как детали будут изготовлены, их еще нужно доработать, а это требует дополнительных расходов. Поэтому такие детали стоят так же дорого, как и при обычном способе изготовления.

Полимерные материалы: полиамид, поликарбонат, разнообразные композиты, могут применяться в основном для проектных моделей или специальных заказов в некоторых отраслях производства. Но в реальном производстве кранов, это пока лишь на уровне научных исследований. Известно, что полимерные материалы и их производные имеют много положительных качеств таких как: устойчивость к радиационным, химическим и механическим воздействиям; высокую деформационную теплостойкость, низкую гигроскопичность; высокую термостойкость, поэтому высока вероятность, что в самом ближайшем времени, они найдут активное применение и в производстве [5].



Рисунок 10 – Изготовление тормозных накладок

Несомненно, аддитивное производство – это одно из современных направлений в производстве деталей подъемно-транспортного оборудования и машин. Оно позволяет также проводить и научные разработки в развитии новых направлений в конструировании и создании механизмов, которые нужно активно внедрять в «реальное» производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимов, А. В. Компьютерные технологии в машиностроении. Аддитивные технологии: учебное пособие / А. В. Трофимов. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2019. – 72 с.
2. Ляпков, А. А. Полимерные аддитивные технологии / А. А. Ляпков, А. А. Троян. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 120 с.
3. Аддитивные технологии в современном производстве деталей точного машиностроения / Д. Ю. Финогеев, О. П. Решетникова // Вестник СГТУ. 2020. №3 (86). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/additivnye-tehnologii-v-sovremennom-proizvodstve-detaley-tochnogo-mashinostroeniya> (дата обращения: 04.02.2024).
4. Extxe.com: научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2015 – URL : <https://extxe.com> (дата обращения: 04.02.2024).
5. Аддитивные технологии при разработке и производстве тормозных накладок козлового крана / Морозов Н.В. // Инновационная наука. 2022. №2-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/additivnye-tehnologii-pri-razrabotke-i-proizvodstve-tormoznyh-nakladok-kozlovogo-krana> (дата обращения: 04.02.2024).
6. Стандартизация аддитивных технологий : официальный сайт. - Москва. -. URL: <https://kachestvo.pro/kachestvo-produktsii/standartizatsiya/standartizatsiya-additivnykh-tehnologiy/> (дата обращения: 04.02.2024). Текст : электронный

REFERENCES

1. Trofimov, A. V. Computer technologies in mechanical engineering. Additive technologies: textbook / A. V. Trofimov. – St. Petersburg: SPbGLTU, 2019. – 72 p.
2. Lyapkov, A. A. Polymer additive technologies / A. A. Lyapkov, A. A. Troyan. – 2nd ed., erased. – St. Petersburg: Lan, 2024. – 120 p.
3. Additive technologies in modern production of precision engineering parts / D. Yu. Finogeev, O. P. Reshetnikova // Bulletin of SSTU. 2020. No. 3 (86). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/additivnye-tehnologii-v-sovremennom-proizvodstve-detaley-tochnogo-mashinostroeniya> (access date: 02/04/2024).
4. Extxe.com: scientific electronic library: website. – Moscow, 2015 – URL: <https://extxe.com> (access date: 02/04/2024).
5. Additive technologies in the development and production of brake linings for gantry cranes / Morozov N.V. // Innovative science. 2022. No. 2-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/additivnye-tehnologii-pri-razrabotke-i-proizvodstve-tormoznyh-nakladok-kozlovogo-krana> (access date: 02/04/2024).
6. Standardization of additive technologies : official website. - Moscow. -. URL: <https://kachestvo.pro/kachestvo-produktsii/standartizatsiya/standartizatsiya-additivnykh-tehnologiy/> (date of access: 02/04/2024). Text : electronic

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Аддитивные технологии, краностроение, 3D-печать, аддитивное производство, машиностроение.*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*ЩербакOVA Ольга Валерьевна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Деньк Анастасия Валерьевна, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Савченко Семён Дмитриевич, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЕКТОР РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

А.В. Зачёсов, С.В. Бунташова

### CURRENT TRENDS DETERMINING THE VECTOR OF DEVELOPMENT OF TRANSPORT LOGISTICS IN SIBERIA AND THE FAR EAST

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

A.V. Zachesov (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

S.V. Buntashova Ph.D. of Economic Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT

---

**ABSTRACT:** In the new geopolitical conditions, the transport logistics of Siberia and the Far East is rapidly undergoing structural changes, turning the trade balance to the East. There is a reorientation of some cargo flows from the European to the Asian market. The policy of adapting national transport corridors to the current situation is becoming relevant and effective. There is an opportunity to expand the share of participation of inland waterways and infrastructure in the multimodal transportation system in Siberia and the Far East.

---

**Keywords:** *Intermodal transportation, transport logistics, container segment, competitiveness, inland waterways.*

В новых геополитических условиях транспортная логистика Сибири и Дальнего Востока оперативно претерпевает структурные изменения, разворачивая сальдо торгового баланса на Восток. Наблюдается переориентация части грузопотоков с Европейского на Азиатский рынок. Актуальной и эффективной становится политика адаптации национальных транспортных коридоров к сложившейся ситуации. Появляется возможность расширения доли участия внутренних водных путей и инфраструктуры в системе мультимодальных перевозок по территории Сибири и Дальнего Востока.

Транспортная система Сибири и Дальнего Востока неоднозначна. В Западной Сибири она характеризуется повышенной плотностью и качеством инфраструктуры, связанной с развитием нефтегазового комплекса. Географическое положение Дальнего Востока и огромное количество природных богатств создает потенциал для внешнеторговых связей России.

В целом, Сибирь и Дальний Восток, занимая обширную территорию на востоке России, обладают значительными сырьевыми и гидротехническими ресурсами. В то же время на этой территории проживают народы, уровень жизни которых напрямую связан с движением материальных потоков с запада на восток. Функционирование добывающих и перерабатывающих комплексов сибирских регионов зависит от регулярной поддержки опорной транспортной сети.

Материальные потоки между восточной и западной частями страны различны по содержанию и номенклатуре, требуют эффективной организации транспортного процесса.

Транспортная составляющая, как один из важнейших элементов логистики, претендует на особое внимание при соблюдении технических, технологических, экономических и других видов ресурсных ограничений действующей логистической цепи.

Запад и Восток РФ объединяет единая транспортная система, составляющей которой являются национальные и международные транспортные коридоры на территории страны с обеспечивающей инфраструктурой. На территории Сибири и Дальнего Востока это Транссибирская магистраль, БАМ, АЯМ, широкая сеть магистральных рек с притоками, а также Северный Морской путь.

Большое внимание правительство РФ уделяет развитию Северного Морского пути, аргументировано связывая ожидания экономического эффекта с ростом перевозок по этому транспортному коридору. Утвержден план развития Северного Морского пути до 2035 года, в котором обозначено 150 мероприятий, в том числе создание и модернизация инфраструктуры для безопасной работы в этой зоне и реализации инвестиционных проектов.

Российская транспортная система ориентирована как на внутренние перевозки, так и на международные. Географическое положение страны и национальные транспортные коридоры, переходящие в международные, позволяют получать экономические выгоды от транзита международного груза по своей территории. Это преимущество учитывается при разработке экономической политики на транспорте.

Транспорт является конкурентной средой. При лоббировании конкурентных преимуществ необходимо рассматривать род груза, возможные объемы перевозок, время доставки, ритмичность, качество перевозок, затраты. По сути дела, решаются многокритериальные задачи.

Наиболее конкурентоспособными на сегодняшний день являются контейнерные перевозки (конечно, с соблюдением проектных ограничений). Об этом говорит тот факт, что 60% международных перевозок в мире осуществляется в контейнерах.

В России уровень контейнеризации еще только набирает обороты. В 2022 году он даже снизился на 15,9% по сравнению с 2021 годом. Причина связана по большей части с геополитической обстановкой. Однако в 2023 году уровень, практически, восстановился. При этом объем перевозок по сравнению с 2022 годом вырос на 15,5% и продолжает расти.

Восстановление рынка связано с курсом на восстановление роста экономики и переориентации на Восточный полигон. Настойчивый рост контейнеризации свидетельствует об эффективности подобного рода перевозок, проверенной на практике.

Большинство контейнерных перевозок приходится на железную дорогу, на севере – на Северный Морской путь. Однако территория Сибири и Дальнего Востока изобилует реками. Использование речных систем, выход их к морю и на железнодорожные магистрали дает возможность формировать эффективные мультимодальные схемы перевозок.

Основные преимущества контейнерного сегмента перевозок:

- появляется аргументированная возможность выполнения интермодальных перевозок;
- уменьшается время на погрузку/выгрузку;
- повышается производительность на транспорте;
- сокращаются затраты на упаковку;
- повышается скорость доставки грузов;
- улучшается сохранность груза.

Возможность интермодальных перевозок, которая заключается в бесперегрузочности самого груза в пути следования, дает дополнительную экономию, сокращает время доставки и, конечно, способствует сохранности груза.

Сокращение времени транспортной составляющей не только уменьшает расходы на транспортировку груза, но и положительно влияет на процесс логистики в целом. Уменьшается время между поставками партий. Следовательно, при прочих равных условиях, ускоряется оборачиваемость средств, что дает понятный экономический эффект.

Контейнерная система, как и любая другая, имеет недостатки:

- требуется возврат контейнера;
- имеют место единовременные затраты на приобретение контейнера;
- не исключены порожние пробеги.

К временным устранимым недостаткам следует отнести дисбаланс импортных и экспортных перевозок по периоду, объемам и номенклатуре. Кроме того, недостатком национальных контейнерных перевозок периодически является накапливающийся дефицит контейнеров в Азиатской части страны и профицит в Европейской. Этот недостаток устраним. Его можно нивелировать при помощи эффективного планирования (например повышением эффективности использования грузоподъемности и грузовместимости тоннажа, государственной дотационной политики при перевозке порожних контейнеров), увеличения контейнерного парка собственников России (сейчас только 29% принадлежит национальным собственникам), более грамотного соблюдения сальдо «экспорт-импорт» и сальдо «восток-запад». Для этого нужно расширить возможности контейнерных перевозок и список номенклатуры грузов.

Эксплуатация внутренних водных путей Сибири и Дальнего Востока в системе транспортной логистики интермодальных перевозок, в силу их преобладающего количества на обозначенной территории, является прогрессивной, так как такие перевозки обладают более низкой себестоимостью и энергоемкостью по сравнению с перевозками другими видами транспорта. Кроме того, отрасль гарантирует высокую степень безопасности.

Для работы с контейнерами может быть использован и используется флот в составе грузовых самоходных судов и составов, судов смешанного река-море плавания. Такие сибирские порты, как Лесосибирский, Красноярский, Хабаровский, Осетрово способны работать с контейнерами. В том числе и большегрузными.

Однако для наращивания объема контейнерных перевозок речным транспортом необходимо проводить модернизацию портовых гидротехнических сооружений и техники, расширять парк логистических центров в узловых пунктах транспортно-логистической цепи.

Кроме экономической составляющей контейнерные перевозки имеют социальное значение. На значительной территории Сибири отсутствуют традиционные транспортные маршруты. Однако есть естественные транспортные пути – реки. В период навигации по ним завозится основная часть грузов. Для клиентуры зачастую не представляется возможным выкупить целиком контейнер. Да и объем доставляемого груза отдельному грузополучателю не сопоставим с объемами контейнера. Контейнерные перевозки дают возможность использовать сборный груз, когда один и тот же контейнер используют разные клиенты. Так может быть предложен один из трех методов перевозки:

- сборные контейнеры для мелких партий;
- одиночные контейнеры, подгружаемые на попутные суда;
- судно, как контейнеровоз.

Практический опыт по транспортировке контейнеров по рекам имеется по всему сибирскому региону. Кроме того, у этого сегмента перевозок большой потенциал. На сегодняшний день в Ленском бассейне объем контейнерных перевозок порядка 130 тыс. т, в Енисейском – более 100 тыс., в Обском и Обь-Иртышском – 20 тыс. т.

Речным транспортом могут осуществляться перевозки в навигацию и при наличии альтернативных маршрутов, благодаря своим конкурентным преимуществам. Например: действующие перевозки по реке Амур на плече Благовещенск – Хейхе (Китайский торговый порт). Несмотря на то, что имеются альтернативные речные схемы, но использование водных транспортных магистралей имеет место благодаря стоимости и провозной способности таких перевозок.

Однако нужно учитывать, что перевозки по рекам имеют сезонный характер. Следовательно, продолжительность навигации на реках, как естественных транспортных артериях, нужно использовать в полном объеме. Условия для этого уже имеются на сегодняшний день. Кроме того, есть потенциальные возможности для существенного расширения этого сегмента при относительно небольших затратах. Даже такой понятный шаг, как улучшение и поддержание путевых условий на внутренних водных путях, дает возможность повышать скорость доставки грузов в контейнерах, доставлять груз в пункты, где альтернативных возможностей нет или они крайне неэффективны.

Не секрет, что лимитированная транспортная инфраструктура Востока не способна в полной мере удовлетворить потребности огромной страны. В силу изменения геополитической обстановки разворота экономических связей на Восток идет расширение соответствующей инфраструктуры. Готовая сеть внутренних водных путей Сибири и Дальнего Востока способна оказать поддержку не только азиато-ориентированному рынку контейнерных перевозок, но и полноценно встроиться в систему национальных транспортных коммуникаций с запада на восток и обратно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаджинский А. М. Логистика: Учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. - М.:ИВЦ «Маркетинг», 2000. -375с.
2. Григорьев Е.А. Внутренний водный транспорт России: проблемы, перспективы развития, влияние глобализации/ Экономика: теория и практика. 2019. № 3 (55). С.27-30
3. Заостровских Е. А. Проблемы и перспективы развития пунктов пропуска Дальнего Востока России // Регионалистика. 2021. № 3.
4. Щербанин Ю.А. Перевозка грузов по внутренним водным путям России: стратегия развития до 2030 года (новые возможности для нефтегазового сектора) /Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2021. Т. 14. С. 291- 301.technology/ (дата обращения: 04.02.2024). Текст : электронный

REFERENCES

1. Gadzhinsky A.M. Logistics: Textbook. – 3rd ed., reprint. and additional - M.:IVC "Marketing",2000.-375s.
2. Grigoriev E.A. Inland waterway transport of Russia: problems, development prospects, the impact of globalization/ Economics: theory and practice. 2019. No. 3 (55). pp.27-30
3. Zaostrovskikh E. A. Problems and prospects of development of checkpoints in the Russian Far East // Regionalism. 2021. No 3.
4. Shcherbanin Yu.A. Cargo transportation by inland waterways of Russia: development strategy until 2030 (new opportunities for the oil and gas sector) /Scientific papers: Institute of National Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences. 2021. Vol. 14. pp. 291- 301.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Интермодальные перевозки, транспортная логистика, контейнерный сегмент, конкурентоспособность, внутренние водные пути.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Зачёсов Александр Венедиктович, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Бунташова Светлана Венедиктовна, кандидат экономических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ВОДНОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ****ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»****В.М. Бунеев****MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE THEORY OF WATER TRANSPORT SYSTEMS**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**V.M. Buneev** (Doctor of Economic Sciences, Prof. of SSUWT)**ABSTRACT:** Current trends in the development of the theory of water transport systems are presented. They are based on the principles of general systems theory, operations research, the theory of transport processes and systems, methodological principles and methods for their optimization.*Keywords:* Transport, system, process, theory, development, trend, modernit..

Представлены современные тенденции развития теории систем водного транспорта. Они основаны на принципах общей теории систем, исследовании операций, теории транспортных процессов и систем, методологических принципах и методах их оптимизации.

Введение. Транспортные системы в экономике и социальной сфере играют важную, инфраструктурную роль, обеспечивая их потребности в материалах, полуфабрикатах и готовой продукции, а также мобильность населения. Одновременно, транспорт представляет собой самостоятельную отрасль, а транспортная система-совокупность путей сообщения, перевозочных и перегрузочных средств, технических устройств и механизмов, комплекс технологических, технических, информационных, правовых и экономических компонентов. При этом, во-первых, успешному решению предстоящих задач способствуют положения теории транспортных процессов и систем, а во-вторых, её задачи обусловлены необходимостью в разработке и совершенствовании методического инструментария исследования закономерностей их формирования и развития, оптимизации транспортных систем и научной организации транспортных процессов на основе методов разработки и принятия обоснованных решений.

Как известно, основой для формирования теории транспортных процессов и систем являются положения общей теории систем. Это социально-научная и логико-методическая концепция исследования объектов, представляющих собой систему. Целью исследований в рамках этой теории является изучение: различных видов и типов систем, основных принципов и закономерностей поведения систем; функционирования и развития систем, их основные свойства, которые обеспечивают эффективность и функциональность.

Существенный вклад в формирование теории транспортных процессов и систем, её развитие внесены в работы отечественных специалистов. Отмечаются следующие работы [1, 6, 8]. Они посвящены, в большей степени, автомобильному транспорту и городскому пассажирскому [9, 10]. Из числа решаемых задач наиболее сложная- маршрутизация перевозок и движения транспортных средств заключается в выборе рациональных или оптимальных схем перемещения грузов или пассажиров между конечным числом пунктов. Остальные – загрузка транспортных средств определяют номенклатуру, объем и схему размещения груза при перевозке; составления графиков движения, а также другие составляют комплекс задач научной проблемы.

Масштабные изменения в экономике, тенденции её развития на современном этапе и в перспективе приводят к формированию новых требований к транспортным процессам. В частности, повышение удельного веса распределительных производственных компонентов. При этом осуществляется интеграция производственных и транспортных процессов, направленная на снижении себестоимости продукции и транспортных издержек, возникает необходимость оптимизации цепочки: «сырье-производство-склад-реализация». Появились логистические услуги, что привело к развитию соответствующего класса систем, которые определены как транспортно-логистические (ТЛС). Эти системы не только способствуют снижению себестоимости производственной продукции, но и устраняют основное противоречие между производством и транспортом, снижая размер транспортных издержек.

Предпосылки формирования и развития теории транспортных процессов и систем. В качестве предпосылок формирования и развития теории транспортных процессов и систем по-прежнему являются положения общей теории систем, а также законы и закономерности

функционирования и развития систем, научные дисциплины и области прикладных наук, логистические принципы управления материальными, информационными и финансовыми потоками работы [2,4,6]. Кроме того, важное значение для развития теоретических положений и практической деятельности имеют потребности экономики и социальной сферы в повышении качества транспортных услуг и снижение уровня тарифов при осуществлении транспортных процессов и функционирования транспортных систем. Компромиссное решение во многом зависит от согласования интересов участников транспортного процесса, субъектов транспортной системы, уровня развития её инфраструктуры и эффективности организации. Следует иметь в виду, что при организации транспортных процессов необходимо ориентироваться на следующие принципы: мультимодальности, интеграции, устойчивости, безопасности и экономичности. Логистическое научное направление позволяет решать различные задачи, связанные с организацией и управлением транспортными системами, прогнозировать спрос, оценивать влияние на окружающую среду, планировать и управлять транспортными потоками.

Одним из ключевых направлений развития методического инструментария оптимизации транспортных процессов и систем является широкое использование моделирования и математического программирования, экономика – математических методов и моделей, способов экономического анализа. С помощью моделирования и анализа можно определить оптимальные параметры транспортной системы, такие как количество и тип транспортных средств, маршруты движения, распределение грузов и другие. Комплекс оптимизационных задач включает следующие блоки: анализ грузовой массы, пунктов отправления и доставки, свойства груза и логистической инфраструктуры; формирование маршрутов следования, выбор видов транспорта и анализ его инфраструктуры; обоснование транспортно-логистической схем (маршрутов) доставки грузов; организация ТЛС с учётом взаимодействия видов транспорта и оптимизации издержек; выбор оптимальной ТЛС и определение эффективности её функционирования.

Современные тенденции развития теории транспортных процессов и систем согласуются с тенденциями инновационного развития транспортных систем на основе использования наукоёмких технологий по следующим направлениям:

- динамический характер функционирования транспортных систем;
- многообразии транспортных систем;
- мультимодальные и интермодальные системы перевозок грузов;
- транспортно-логистические структуры (терминалы, транспортно-складские комплексы, грузораспределительные центры, логистические центры и др.);
- контейнеризация и пакетирование грузов;
- развитие скоростного и высокоскоростного сообщения;
- интеллектуальные транспортные системы;
- автоматизация транспорта и инновационные транспортные средства.

Анализируя приведённый перечень направления транспортных систем в России, отмечается весьма значимая роль телематики, информационных технологий и технических средств подготовки и обработки базы данных для принятия решений в управлении транспортными системами. Их использование позволяет кардинально повысить эффективность и качество их работы. Транспортные системы с использованием АСУ на основе телематики получили специальное наименование – интеллектуальные транспортные системы (ИТС). Такая система, интегрирующая современные технологии управления с телематикой предназначена для автоматизированного поиска и принятия наиболее эффективных сценариев управления транспортной системой и ее элементами. При заданном уровне качества обслуживания пользователей она обеспечивает мобильность транспортной системы. ИТС отличается от действующих – автоматическое (или с минимум участия оператора) формирование управляющих воздействий в режиме реального времени на объекты транспортной системы. Оно осуществляется, как обратная связь, обеспечивающая автоматическую передачу оперативных данных о работе объектов транспортной системы в центре управления. Наиболее наглядно возможности ИТС представлены в системах PRT – “Personal Rapid Transport” (персональный автоматический транспорт). В Новосибирске с помощью математических моделей разработаны и реализованы элементы ИТС в работу городского пассажирского транспорта.

Предметному исследованию научной проблемы способствует классификация транспортных систем с позиций организации перевозок грузов. Существует несколько классификационных признаков по категориям классификации: 1) вид транспорта; 2) модульность; 3)

региональность. По первому признаку перевозка осуществляется одним вводом транспорта. По второму – унимодальный, мультимодальный и интермодальный. При унимодальных перевозках транспортировка грузов осуществляется одним видом транспорта, а мультимодальные и интермодальные – несколькими. По третьему признаку грузоперевозки подразделяются на городские, пригородные, региональные, межгородские и международные. Такая классификация послужила предпосылкой для выделения класса воднотранспортных систем по отраслевому и модальному признакам.

**Воднотранспортные системы.** Организация перевозок грузов в рамках воднотранспортных систем имеет свои особенности. Как правило, это перевозки продукции между производителями и потребителями в границах одного или нескольких водных бассейнов без участия других видов транспорта. Внутрибассейновые транспортные системы предназначены для перевозки нерудных строительных материалов (НСМ) из карьеров в русле рек, нефтепродуктов, лесных и других грузов. Кроме того, в качестве таковых могут быть представлены: «северный завоз», завоз грузов на малые реки, перевозка грузов крупному постоянному потребителю (например «Норильскникель», районы Заполярья), эксплуатационная деятельность судоходной компании либо фирмы и пр. Основные задачи, которые здесь с позиций системного подхода и логистических технологий, это обоснование схем и способов перевозки грузов, типов судов, выбор рациональных типов составов, оптимизация расстановки флота по участкам работы и направлениям перевозок, обоснование рациональной технологии и механизации перегрузочных работ в портах и пунктах грузовой обработки. Постановка и результаты решения таких задач в рамках обоснования воднотранспортных систем доставки грузов изложены в работах [2, 3].

Для решения этих задач рекомендуется использовать соответствующие методы и модели. При обосновании схем перевозок (маршруты движения судов от пунктов отправления до назначения) и схем механизации перегрузочных работ – динамического программирования в сетевой либо матричной постановке, оптимизация плана расстановки флота – распределительная задача линейного программирования [2]. В первой задаче нахождение оптимального решения находится с помощью многошаговой процедуры поиска.

Процесс оптимизации маршрута движения груза в судне от пункта отправления до конечного разбивается на несколько этапов (шагов). Число их равно количеству участков пути, на которых происходят изменения режима движения, типа судна, состава и других операции. Причём первый шаг соответствует последнему участку в конце пути прибытия в пункт назначения, второй – предпоследнему и т.д. Последний шаг соответствует первому участку начала пути. На каждом шаге определяются критерий оценки эффективности (текущие издержки либо эксплуатационные расходы по перевозочным и перегрузочным средствам). Задача решается одним из методов линейного программирования. Если период навигации короткий, то оптимальный план можно заменить допустимым (близким к оптимальному). Таким образом производится поэтапная оптимизация участков пути, начиная с последнего. Именно последний участок можно оптимизировать независимо от других, предыдущих. Затем, при движении в направлении от конца маршрута к началу, на каждом шаге отыскивается условное оптимальное решение. Когда процесс доведён до первого периода, последовательность шагов снова повторяется, но уже в обратном направлении от первого периода к последнему.

При участии водного транспорта в организации мультимодальных и интермодальных перевозок задача маршрутизации грузовых потоков, постановка, её методы решения изменяются. Задача формулируется следующим образом: требуется определить маршруты следования грузопотоков, при которых достигается минимальное значение транспортных издержек по цепочке от производителя к потребителю. Функция цели имеет следующий вид:

$$\sum_{\delta \varepsilon r y} C_{\delta \varepsilon r y} x_{\delta \varepsilon r y} = \min, \quad (1)$$

где  $\delta$  – возможные варианты доставки грузов;  
 $\varepsilon$  – участки работ подвижного состава.  
 $r$  – признак рода перевозимого груза;  
 $y$  – признак типа подвижного состава  
 $l$  – признак участка пути;

$x$  – масса отправленного груза т.;

$C$  – стоимость (транспортные издержки) доставки единицы продукции от поставщика до потребителя, руб/т.

$$\delta = ijf, \quad \varepsilon = \varphi\psi$$

где  $i, j, f$  – признак пунктов отправления, назначения и порта перевалки, соответственно;

$\varphi, \psi$  – признак прямого и обратного грузопотоков;

Для построения других элементов экономико-математической модели вводятся следующие обозначения:

$A_{ir}$  – масса груза, подлежащего отправлению, т;

$B_{jr}$  – масса груза, прибывшего к потребителю, т;

$\Pi_{fr}$  – пропускная способность перевалочного порта по родам груза, т;

$\Pi_l$  – пропускная способность лимитирующего участка пути, ед. подвижного состава;

$N_y$  – наличное количество подвижного состава, ед

$t^{kp}, t^{\vartheta}$  – время кругового рейса подвижного состава и период эксплуатации на отдельных направлениях, сут;

$Q^{\vartheta}$  – загрузка подвижного состава, т;

С целью сокращения объема вычислений при решении задачи целесообразно предварительно определить возможные варианты доставки грузов и участки работ. Такая процедура снизит трудоёмкость оптимизационного процесса и реализуется с учётом следующих условий и ограничений:

– количество грузов из каждого  $i$ -го пункта должна быть отправлена полностью

$$\sum_{\delta \varepsilon r j} x_{\delta \varepsilon r j} = A_i, \quad i = \overline{1, J}, \quad (2)$$

– потребность каждого  $j$ -го пункта должна быть удовлетворена в полной мере

$$\sum_{\delta \varepsilon r y} x_{\delta \varepsilon r y} = B_j, \quad j = \overline{1, J}, \quad (3)$$

– потребность в подвижном составе не должна превышать его наличия в судоходной компании и управлениях дороги

$$\sum_{\delta \varepsilon r y} x_{\delta \varepsilon r y} \frac{t_{\delta \varepsilon r y}^{kp}}{Q_{\delta \varepsilon r y}^{\vartheta} t_{\delta \varepsilon r y}^{\vartheta}} \leq N_y, \quad y = \overline{1, \Gamma}, \quad (4)$$

– масса груза, проходящего через причалы перевалочного порта за расчетный период, не должна превышать их пропускной способности

$$\sum_{\delta \varepsilon r y} x_{\delta \varepsilon r y} \leq a_{fr} \Pi_{fr}, \quad (5)$$

где  $a_{fr}$  – коэффициент использования причалов по времени.

– провозная способность транспортных средств должна быть согласована с пропускной способностью лимитирующих участков пути

$$\sum_{\delta \varepsilon r y} x_{\delta \varepsilon r y} \frac{1}{t_{\delta \varepsilon r y}^{\vartheta}} \leq \Pi_l, \quad l = \overline{1, L}, \quad (6)$$

– условие неотрицательности переменных

$$x_{\delta \varepsilon r y} \geq 0 \quad \text{для всех } \delta \varepsilon r y. \quad (7)$$

При выборе оптимального варианта схемы доставки грузов затраты на перегрузочные работы в портах отправления и назначения можно не учитывать, поскольку для всех вариантов они будут одинаковыми.

Задача оптимизации расстановки флота по участкам работы и направлениям перевозок решается с учётом действия природа – климатических факторов, таких как сезонность, периодов навигации весеннего (полноводного) и межлетнего (маловодного), вероятностный характер гидрологического режима и колебания глубин судового хода. Экономико-математическая модель имеет следующий вид.

Требуется определить потребность во флоте при распределении его по участкам работы и диапазон её изменения под влиянием перечисленных факторов:

$$X = \{x_{ij} \pm \Delta x_{ij}\}, \quad (8)$$

где  $i$  – признак типа судна;

$j$  – признак участка работы флота;

$x_{ij}$  – потребность во флоте, ед.;

$\Delta x_{ij}$  – диапазон изменения потребности во флоте под влиянием действующих факторов.

Функция цели имеет вид:

$$\sum_{ij} (\Theta_{ij} \pm \Delta \Theta_{ij})(x_{ij} \pm \Delta x_{ij}) \rightarrow \min \quad (9)$$

где  $\Delta \Theta_{ij}$  – граница изменения эксплуатационных расходов по флоту вследствие действия различных факторов, руб.

Условие выполнения транспортной работы:

$$\sum (\Pi_{ij} \pm \Delta \Pi_{ij})(x_{ij} \pm \Delta x_{ij}) \geq A_j \pm \Delta A_j \quad (10)$$

где  $A_j$  – грузооборот на  $j$ -ом участке работы, т км;

$\Delta A_j$  – диапазон изменения объема транспортной работы, ткм;

$\Pi_{ij}$  – провозная способность  $i$ -ого типа судна на  $j$ -ом участке работы, т км;

$\Delta \Pi_{ij}$  – величина отклонения провозной способности в зависимости от прогноза глубин судовых ход, т км.

Ограничение по флоту:

$$\sum (x_{ij} \pm \Delta x_{ij}) \leq \Phi_i \quad (11)$$

При нестабильности грузопотоков в модели (8–11) условие (10) изменяется:

$$\sum \Pi_{ij} (x_{ij} \pm \Delta x_{ij}) \geq A_j \pm \Delta A_j \quad (12)$$

где  $\Delta A_j$  – диапазон изменения грузооборота под влиянием нестабильности грузопотоков, т км.

Взаимодействие видов транспорта при осуществлении мультимодальных и интермодальных перевозок осуществляется на основе единого технологического процесса работы порта и смежных видов транспорта (ЕТП) и направлено на сокращение времени обработки транспортных средств, увеличение прямого варианта перегрузки грузов, ускорение доставки грузов, сокращение материальных и трудовых затрат на основе скоординированной работы транспортного узла в целом. Руководящий документ для его разработки – Указание по составлению ЕТП работы морских, речных портов и припортовых железнодорожных станций, утвержденное в 1979 г. министерствами путей сообщения, морского флота и речного флота. ЕТП работы морских, речных портов и припортовых железнодорожных станций призван решать следующих задач: развитие организации перегрузки грузов по прямому варианту с соблюдением при этом установленных норм обработки судов, вагонов; организацию погрузки-разгрузки железнодорожных маршрутов на грузовых фронтах портов в сроки, не превышающие установленные нормы времени на грузовые операции; обеспечение своевременного приема портом поступающих плановых грузов в установленных размерах; недопущение скопления вагонов и судов в ожидании разгрузки и сокращение их простоев под грузовыми операциями; сохранность перевозимых грузов и перевозочных средств (судов и вагонов); сокращение

времени на выполнение приемо-сдаточных операций; рост производительности труда на перегрузочных и маневровых работах. Совместное сменно-суточное планирование и совершенствование взаимной информации о подходе судов и вагонов осуществляется на основе взаимовязанных непрерывных планов-графиков работы транспортного узла (НПГРТУ), а также решение других задач взаимодействия смежных видов транспорта.

**Заключение.** На основе выполненных исследований научной проблемы, анализ и оценки полученных данных выявлены тенденции развития теории воднотранспортных систем. В качестве предпосылок отмечаются положения общей теории систем, теории исследования операций, теории транспортных процессов и систем, методологических принципов и методов оптимизации транспортных процессов. Успешному решению задач способствуют методы и модели математического программирования, методы экономического и способы статистического анализа. Из методов математического программирования предпочтение отдается динамическому и линейному программированию. В сочетании с современными информационными технологиями их применение в исследовании воднотранспортных систем способствует получению достоверных, научно-обоснованных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агуреев И.Е. Развитие теории макросистем как необходимое условие повышения качества транспортного моделирования. // И.Е. Агуреев // Мир транспорта. 2020;18(2):6-20. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-06-20>
2. Бунеев В.М. Основы теории воднотранспортных систем: учебник / В.М. Бунеев – Новосибирск: Сибир. гос. унив. водн. трансп., 2016. - 179с. ISBN 978-5-8119-0666-6
3. Бунеев В.М. Предпосылки и условия развития логистической системы Заполярья / В.М. Бунеев, С.Н. Масленников, М.В. Седунова // АРКТИКА-ЭКОЛОГИЯ-ТРАНСПОРТ // Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава университета. - Новосибирск: СГУВТ, 2017 стр.53-55.
4. Витвицкий Е.Е. Теория транспортных процессов и систем (Грузовые автомобильные перевозки): учеб. пособие / Омск: СибАДИ, 2010. - 207 с.
5. Горев, А.Э. Теория транспортных процессов и систем: учебник для вузов / А. Э. Горев. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 193 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12797-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511516> (дата обращения: 14.10.2023).
6. Доенин В.В. Моделирование транспортных процессов и систем / В.В. Доенин. М.: Спутник, 2012 — 288 С.
7. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ // Аналитический обзор научной литературы ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС), 2023 - 34 С.
8. Милославская С. В. Транспортные системы и технологии перевозок [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. В. Милославская, Ю. А. Почаев. — М. : ИНФРА-М, 2017. - 116 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. - Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. - Загл. с экрана.
9. Ortuzar J. D., Willumsen L. G. Modeling Transport / 3rd edition. — John Wiley & Sons Ltd, 2008. — 499 p
10. Wilson, A G Complex Spatial Systems The Modelling Foundations of Urban and Regional Analysis 1st ed., London, 2000, 184 p <https://doi.org/https://doi.org/104324/9781315838045>

REFERENCES

1. Agureev I.E. The development of the theory of macrosystems as an indispensable condition for improving the quality of transport modeling. // I.E. Agureev // The world of transport. 2020;18(2):6-20. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-06-20>
2. Buneev V.M. Fundamentals of the theory of water transport systems: textbook / V.M. Buneev – Novosibirsk: Siberian State University. univ. vodn. transp., 2016. - 179c. ISBN 978-5-8119-0666-6
3. Buneev V.M. Prerequisites and conditions for the development of the Arctic geographic system/ V.M. Buneev, S.N. Maslennikov, M.V. Sedunova // ARCTIC ECOLOGY-TRANSPORT // Materials of the scientific and practical conference of the University faculty. Novosibirsk: SGUVT, 2017 pp.53-55.
4. Vitvitsky E.E. Theory of transport processes and systems (Truck transportation): textbook. the manual / Omsk: SibADI, 2010. - 207 p.
5. Gorev, A.E. Theory of transport processes and systems: textbook for universities / A. E. Gorev. — 3rd ed., ispr. and add. — Moscow : Yurayt Publishing House, 2023. — 193 p. — (Higher education). — ISBN 978-5-534-12797-3. — Text : electronic // Yurayt Educational platform [website]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511516> (date of application: 14.10.2023).
6. Doenin V.V. Modeling of transport processes and systems / V.V. Doenin. Moscow : Sputnik, 2012 — 288 P.
7. INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS // Analytical Review of the Scientific Literature of the Rostov State University of Railway Engineering, 2023-34 p.
8. Miloslavskaya S. V. Transport systems and technologies of transportation [Electronic resource] : textbook / S. V. Miloslavskaya, Yu. A. Pochaev. — M. : NAUKA-M, 2017. - 116 p. // ZNANIUM.COM : an electronic biotechnological system. - Access mode: <http://www.znanium.com/catalog.php>, faceted. - Cover from the screen.
9. Ortuzar J. D., Willumsen L. G. Modeling of transport / 3rd edition. — John Wiley & Sons Ltd, 2008. — 499 s
10. Wilson, A. G. Complex spatial systems: Fundamentals of urban and regional analysis modeling 1st ed., London, 2000, 184 p. <https://doi.org/https://doi.org/104324/9781315838045>

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Транспорт, система, процесс, теория, развитие, тенденция, современность.*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Бунеев Виктор Михайлович, доктор экономических наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ОТКРЫТЫХ БЕЗНАПОРНЫХ КАНАЛОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Н.В. Голышев, С.В. Моторин, Д.Н. Голышев

### SYSTEM ANALYSIS OF PARAMETERS FOR AUTOMATION OF HYDRAULIC CALCULATION OF OPEN NON-PRESSURE CHANNELS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**N.V. Golyshev** (Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Prof. of the Department «Information System's» of SSUWT)

**S.V. Motorin** (Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department «Information System's» of SSUWT)

**D.N. Golyshev** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department «Information System's» of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** The paper considers the importance of hydraulic calculation of the characteristics of open channels, including in the historical and technical and economic aspects. The classification of open channels, including by profile, is considered. A brief description of the properties of open streams, types of movement and flow conditions is given. The main calculation dependencies, which are the basic ones for conducting hydraulic calculation of channels, are determined. The formalization of the main typical tasks of hydraulic calculation is carried out, conclusions are drawn about the need to develop a software information system to support hydraulic calculation.

---

**Keywords:** *Open channels, hydraulic calculation, characteristics, analysis, systematization.*

В работе рассмотрены вопросы значимости гидравлического расчета характеристик открытых каналов, в том числе в историческом и технико-экономическом аспекте. Рассмотрена классификация открытых каналов, в том числе по профилю. Дано краткое описание свойств открытых потоков, типов движения и состояния потоков. Определены основные расчетные зависимости, являющиеся базовыми при проведении гидравлического расчета каналов. Проведена формализация основных типовых задач гидравлического расчета, сделаны выводы о необходимости разработки программной информационной системы поддержки гидравлического расчета.

Гидравлический расчет характеристик открытых каналов в естественном русле, при их проектировании имеет важное значение, как техническое, так и экономическое. В настоящее время автоматизация таких расчетов привлекла к себе пристальное внимание в связи с новой стратегией развития судоходства в России [1]. Открытые каналы, их число по разным источникам достигает 115, где наиболее известный Волго-Донской канал (101 км) [2], играют большую роль в транспортных магистралях России. История их строительства относится к временам Петра I, 1703 г. Последние представляют собой сложное инженерное гидротехническое сооружение, предназначенное для различных целей: переброски воды в заданные пункты, доставки груза или людей и т.д.

Основной задачей инженера при научном обосновании проекта или эксплуатационной оценке состояния параметров каналов, является математически точный и полный расчет характеристик канала на основе заданных или измеренных параметров:

- расход при движении потока жидкости;
- глубины в канале;
- ширины канала;
- уклона водной поверхности;
- расходной характеристики.

Технически грамотные, продуманные, решения, заложенные при проектировании, позволяют рассчитывать на многолетнюю безаварийную эксплуатацию канала, избежать таких естественных процессов как размывания и заиления русла. Поэтому, системно важно не допустить ошибки в расчетах на всех этапах жизненного цикла проектирования, а также при текущей эксплуатационной оценке состояния канала.

В настоящее время проектирование эффективного профиля канала, расчет его параметров, в основном осуществляют "вручную", без средств автоматизации. Такой процесс является трудоемким, имеет место наличие случайных ошибок, связанных с человеческим фактором. Данная проблема решается, если создать программное обеспечение (модуль) для гидравлических расчетов характеристик открытых каналов. Проектировщик получит

эффективный инструмент, информационную систему, которая существенно снизит трудоемкость, исключит возникновение случайных ошибок. Следует отметить, что такой модуль облегчит работу практическим гидротехникам, работающим в условиях технических участков, будет полезен в учебном процессе, позволяя оперативно и наглядно анализировать результаты в зависимости от исходных данных.

Классификация открытых каналов. Каналом, в широком смысле, называют гидротехническое сооружение в виде искусственного русла правильной формы, предназначенное для транспортирования воды в различных целях. Мы рассматриваем открытые каналы, в которых поток движется со свободной поверхностью, воспринимающей безнапорное давление.

Открытые каналы по назначению подразделяются на следующие типы:

- судоходные (искусственные водные пути);
- энергетические (деривационные);
- оросительные (ирригационные);
- осушительные;
- водопроводные;
- лесосплавные.

Требования, предъявляемые к расчету перечисленных типов каналов, различны. При их проектировании требуются различные исходные условия для расчета.

По роду материала, из которого выполнены дно и откосы открытых каналов, русло канала, они подразделяются на: земляные, бетонные, железобетонные, каменные. Наибольшее распространение в мире получили каналы в земляном русле, в котором дно и откосы выполнены в естественном грунте по трассе канала [3].

Геометрические элементы поперечного сечения каналов. Каналы с неизменяющейся по длине формой русла и постоянным уклоном дна называются призматическими, не удовлетворяющие этим условиям каналы, нами не рассматриваются.

Искусственные русла проектируются с сечением правильной геометрической формы (рисунок 1). Каналы имеют трапецеидальную, прямоугольную, треугольную, параболическую формы поперечных сечений русла.

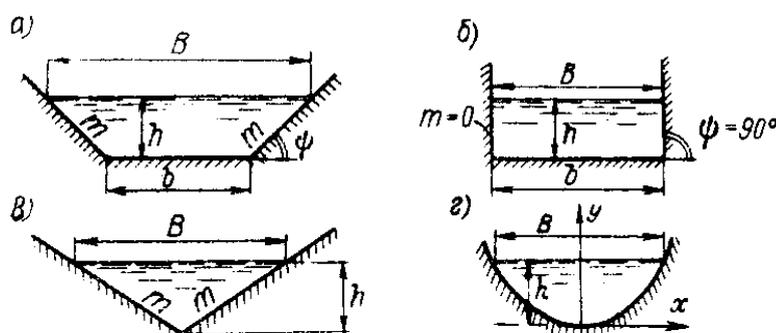


Рисунок 1 – Типовые формы русла открытых каналов:  
а – трапецеидальная; б – прямоугольная; в – треугольная; г – параболическая

Поперечное сечение русла канала характеризуют его геометрические элементы, которые определяются геометрией сечения и глубиной потока. На рисунке 1 представлены русла открытых каналов различной формы с обозначением элементов геометрии сечения, к которым относятся:

$h$  – максимальная глубина потока, вертикальное расстояние от наинизшей точки сечения канала до свободной поверхности;

$B$  – ширина сечения канала поверху на уровне свободной поверхности;

$b$  – ширина канала по дну;

$m$  – коэффициент заложения ( $m = ctg\varphi$ , где угол  $\varphi$  задается из учета устойчивости грунта (материала) откоса).

Считают, что трапецеидальная и полигональная формы являются наиболее пригодными для каналов с необлицованными стенками, так как устойчивость земляных откосов обеспечивается величиной их заложения.

Кроме элементов геометрии сечения при гидравлическом расчете каналов широко используются следующие геометрические характеристики, определяющие форму и размер сечения:

$\omega$  – площадь живого сечения, ею называется площадь поперечного сечения потока, ограниченная внизу руслом, а вверху поверхностью воды и расположенная перпендикулярно к направлению течения;

$\chi$  – длина смоченного периметра живого сечения, представляющая собой периметр той части поперечного сечения русла, которая смочена движущейся жидкостью;

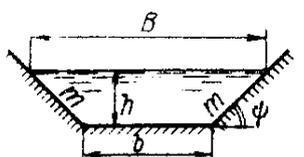
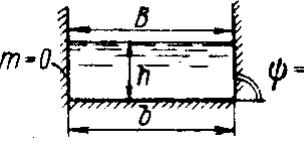
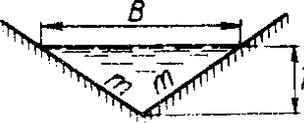
$R$  – гидравлический радиус, отношение площади живого сечения  $\omega$  к смоченному периметру  $\chi$  ( $\omega/\chi = R$ );

$h_{cp}$  – средняя глубина потока, отношение площади живого сечения к ширине потока поверху ( $\omega/B = h_{cp}$ );

$B/h$  – относительная ширина русла, отношение ширины поверху к максимальной (или средней) глубине.

Коэффициенты заложения откосов в земляных каналах зависят от свойств грунта ложа и крупности канала (расхода воды). Согласно ТУ 24-108-48 Главгидроэнергостроя рекомендуется принимать следующие значения коэффициента откоса при высоте  $h \leq 10$  м. таблице 2 [5]. В условиях отсутствия сведений о технических свойствах грунтов и для предварительных проработок следует принимать значения, приведенные в таблице 3, где  $m$  должно быть не менее значений таблице 3.

Таблица 1 – Определение важных геометрических характеристик сечения различной формы

Название сечения канала	Вид сечения	Площадь поперечного сечения $\omega$ , $M^2$	Ширина поверху $B$ , $M$	Длина смоченного периметра $\chi$ , $M$
Правильные, симметричные, открытые				
Трапецидальное		$(b + m \cdot h) \cdot h$	$b + 2 \cdot m \cdot h$	$b + 2 \cdot h \sqrt{1 + m^2}$
Прямоугольное		$b \cdot h$	$b$	$b + 2 \cdot h$
Треугольное		$m \cdot h^2$	$2 \cdot m \cdot h$	$2 \cdot h \sqrt{1 + m^2}$

При высоте откосов  $h > 5,0$  устойчивость откосов должна быть проверена специальными расчетами [3]. Площадь поперечного сечения трапецидального профиля канала иногда выражают через величину относительной ширины по дну т.е.  $\beta_0 > b/h$ ;  $\omega = (b/h + m \cdot h/h) \cdot h^2$ , или  $\omega = (\beta_0 + m) \cdot h^2$ , откуда получаем выражение для глубины канала трапецидальной формы  $h = \sqrt{\frac{\omega}{\beta_0 + m}}$ .

Свойства открытых потоков. Типы движения и состояния потоков. Движение жидкости в открытых каналах со свободной поверхностью, заключается в том, что при движении в канале призматического сечения положение свободной поверхности, глубина потока, а

следовательно и все другие геометрические характеристики потока ( $\omega, R, \chi$ ) могут изменяться с изменением расхода [3-4].

Таблица 2 – Коэффициенты заложения откосов

Категория грунта или вид облицовки	Коэффициент откоса $m$
Мелкозернистые песчаные грунты	3-3,5
Супесчаные или слабо уплотнённые грунты	2-2,5
Плотная супесь и легкий суглинок	1,5-2
Гравелистые и песчано-гравелистые грунты	1,5
Тяжелые суглинки, плотные лессы и обычные глины	1-1,5
Тяжелые плотные глины	1
Различные скальные породы в зависимости от степени выветренности	0,5-0,10
Надводные откосы принимаются более крутыми:	
При облицовке из бетона, асфальтобетона.....	$m \approx 1,25$
При облицовке из гравийной отсыпки и каменной наброски .....	$m \approx 1,50$
При облицовке из пластичных материалов (глинистых, суглинистых) .	$m \approx 2,5$

Таблица 3 – Значения о технических свойствах грунтов

При высоте откоса	$m$ для неукрепленных откосов	$m$ для бетонных покрытий откосов
$h \leq 3 \text{ м}$	1,5	1,25
$3 < h \leq 5 \text{ м}$	2,0	1,75

Движение потока зависит от характера и состояния поверхности русла, характеризующей ее шероховатостью. Характер смоченной поверхности и открытых земляных каналов, ее шероховатость изменяются в широких пределах, так как естественный грунт разнообразен по свойствам, крупности зерен грунта, размерам и формам донных отложений, определяющих шероховатость ложа канала.

Для потока в канале расход  $Q$  определяется выражением

$$Q = \omega \cdot V, \tag{1}$$

где  $V$  – средняя скорость потока;

$\omega$  – площадь поперечного сечения потока, нормального к направлению движения.

Из выражения (1) следует, что при данной форме поперечного (живого) сечения русла изменение средней скорости потока и расхода воды всегда связано с изменением положения в канале свободной поверхности, т. е. глубины потока. Поэтому возможные виды движения потока в открытых каналах классифицируются в соответствии с изменением глубины потока по времени и длине.

Если глубина потока в данном сечении не изменяется в течение рассматриваемого времени, то движение в открытом канале установившееся. В большинстве задач, связанных с расчетом и эксплуатацией открытых каналов, движение потока рассматривается как установившееся. При установившемся движении расход потока принимается постоянным по длине, т.е. удовлетворяется следующее условие:

$$Q = \omega_1 \cdot V_1 = \omega_2 \cdot V_2 = \dots = const, \tag{1}$$

где  $\omega_1, \omega_2$  – площади живого сечения по длине ряда сечений канала;

$V_1, V_2$  – средние скорости движения потока в соответствующих сечениях канала.

Если глубина потока во всех сечениях по длине рассматриваемого участка открытого канала одинакова, такой вид движения потока называется равномерным, в противном случае – неравномерным.

Установившееся равномерное движение является основным видом движения потока в открытых каналах, которое принимается как теоретическая основа для гидравлического расчета.

Расчетные зависимости. Искусственные открытые русла – рассчитываются на условие равномерного движения жидкости, при котором площадь поперечного сечения  $\omega$ , глубина наполнения канала  $h$  и средняя скорость течения  $v$  не изменяются вдоль потока [3-4]. Выражение для определения средней скорости потока при равномерном движении имеет вид:

$$v = C\sqrt{RI}, \text{ м/с}$$

$$v = C\sqrt{RI}, \text{ м/с}. \quad (3)$$

Формула (3) называется формулой Шези, а  $C$  – коэффициент Шези, имеющий размерность  $\text{м}^{0.5}/\text{с}$ ,  $R$  – гидравлический радиус,  $\text{м}$ .

Учитывая, что расход потока  $Q = \omega \cdot V$ , и подставляя в это равенство выражение (3), получим:

$$Q = \omega \cdot C\sqrt{RI}. \quad (4)$$

Формула (4) называется формулой Шези для расхода воды при равномерном движении.

Открытые русла чаще всего имеют значительную шероховатость и проектируются на относительно большие скорости, поэтому движение воды в них происходит преимущественно в области квадратичного сопротивления, когда гидравлические сопротивления и скорость (формула 3) зависят только от относительной шероховатости русла  $\Delta/R$ . Это обстоятельство привело исследователей к поискам значения коэффициента  $C$  в формуле средней скорости Шези в зависимости от характера и состояния стенок русла канала, а также от геометрических размеров русла [3-4].

Коэффициент Шези  $C$ , как правило, вычисляется на основании обработки опытных и натуральных данных, для его определения накоплен значительный опытный материал, на основании которого предложено большое количество формул. В большинстве применяемых формул коэффициент Шези  $C$  изменяется в зависимости от коэффициента шероховатости ложа  $n$  и глубины канала. Для оценки шероховатости русла открытых земляных каналов разработаны специальные нормативные таблицы по определению  $n$  в зависимости от характера поверхности.

Из имеющихся в литературе зависимостей для определения в проектной практике рекомендуется применять в основном следующую зависимость.

Формула Н.Н. Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \text{ м}^{0.5}/\text{с}, \quad (5)$$

где  $n$  – коэффициент шероховатости;

$R$  – гидравлический радиус,  $\text{м}$ ;

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,10).$$

На практике часто выполняют расчеты при постоянном значении показателя степени, равном  $1/6$  по рекомендации Маннинга. Научные исследования показали, что значение степени  $y$  в (5) можно принимать по Павловскому только для каналов с гидравлическим радиусом до  $5 \text{ м}$ . Формула Павловского дает хорошие результаты при значении  $R$  между  $0.1$  и  $3 \text{ м}$  и при значении коэффициентов шероховатости  $n$  между  $0.011$  и  $0.040$ . Для практических целей в формуле (5) обычно применяется упрощенная зависимость для  $y$ :

$$y \approx 1.5\sqrt{n} \text{ при } R < 1.0 \text{ м};$$

$$y \approx 1.3\sqrt{n} \text{ при } R > 1.0 \text{ м}.$$

Определяя значения коэффициента  $n$  рекомендуется идти следующим путем:

- тщательно изучить предполагаемые факторы, обуславливающие значение  $n$  для данного канала;
- ознакомиться с основными факторами для типичных каналов, коэффициенты шероховатости для которых известны;

– обратиться к таблице типичных значений и выбрать с учетом п. 1 и 2 его расчетное значение. Также для вычисления коэффициента Шези  $C$  должны быть известны параметры канала ( $\omega, \chi$ ).

Исследования коэффициента гидравлического сопротивления и коэффициента шероховатости  $n$  не прекращаются, им постоянно уделяется большое внимание в гидравлике открытых каналов.

Ирландский инженер Р. Маннинг в 1889г. предложил формулу для определения коэффициента  $C$  в виде:

$$C = \frac{1.49}{n} R^{1/6}. \quad (6)$$

Формула Маннинга была выведена из семи различных формул, основанных на опытных данных Базена и в дальнейшем подтверждена опытным натурным материалом. Благодаря своей простоте она получила наибольшее распространение и была рекомендована международной конференцией в 1933 г.

При равномерном движении расход воды в канале определяется по формуле:

$$Q = \omega \cdot C \sqrt{R} I. \quad (7)$$

В уравнении (7)  $C$  – коэффициент Шези,  $R$  – гидравлический радиус, равный отношению площади поперечного сечения потока  $\omega$  к длине смоченного периметра живого сечения  $\chi$  потока. Три первых переменных ( $\omega, C, R$ ) являются функцией размеров канала и шероховатости его русла  $n$ ; заменим:

$$\omega C \sqrt{R} = K. \quad (8)$$

Величина  $K$  называется расходной характеристикой (модуль расхода) сечения канала при равномерном движении, которая определяет пропускную способность канала, так как прямо пропорциональна расходу:

$$Q = K \sqrt{I} \text{ или } K = \frac{Q}{\sqrt{I}}. \quad (9)$$

Основными зависимостями при расчетах равномерного движения воды в открытом русле являются формулы (7) и (9). Основные геометрические характеристики каналов различных форм представлены в таблице 1, из которых следует, что площадь поперечного сечения  $\omega$  и длина смоченного периметра  $\chi$  зависит от двух линейных параметров: ширины канала по дну  $b$  и глубины потока  $h$ , поэтому одной и той же площади живого сечения могут соответствовать разные длины смоченных периметров. Живое сечение, в котором при заданной площади  $\omega$  обеспечивается минимальное значение смоченного периметра  $\chi$ , называют гидравлически наивыгоднейшим. Из этого определения следует, что гидравлически наивыгоднейшее сечение обладает максимальной пропускной способностью при прочих равных условиях. Это следует из формулы (7), из которой видно, что расход  $Q$  тем больше, чем больше гидравлический радиус  $R$ , а последний при гидравлически наивыгоднейшем сечении становится максимально возможным ( $R = \omega / \chi$ , то при  $\omega = const$  и  $\chi = min$  будет  $R = R_{max}$ ) [3-5].

Гидравлически наивыгоднейшее сечение – сечение, по которому при данных  $I$  и  $n$  заданный расход  $Q$  проходит при минимальной площади живого сечения  $\omega$ . Отсюда следует, что проектирование каналов на такое сечение теоретически приводит к уменьшению выемки. Однако практика показала, что каналы с гидравлически наивыгоднейшим сечением не всегда могут быть экономически целесообразными: все зависит от характера рельефа по трассе канала, так как объем работ определяется не только объемом поперечного сечения канала, но и общим объемом.

Геометрической фигурой с минимальной длиной периметра при заданной площади является круг. Следовательно, идеальным каналом гидравлически наивыгоднейшего сечения был бы полукруглый канал. Однако применительно к трапецеидальным каналам это не приемлемо, поэтому решим задачу в следующей постановке: какие должны быть соотношения между линейными размерами ( $h$  и  $b$ ) при заданном коэффициенте заложения откоса  $m$ , чтобы сечение было гидравлически наивыгоднейшим. В качестве характеристики формы русла канала принимается отношение  $\beta_0 = b/h$  ( $b$  - ширина канала по дну) [3-4].

Запишем выражение для  $\omega$  и  $h$  следующим образом:

$$\omega = bh + mh^3, \text{ откуда } b = \frac{\omega}{h} - mh^2, \text{ а}$$

$$\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2} = h\left(\beta_0 + 2\sqrt{1+m^2}\right).$$

Сделаем замену в выражении для  $\chi$ :

$$\varphi = \frac{\omega}{h} - mh + 2h\sqrt{1+m^2},$$

откуда следует, что при  $\omega = const$  смоченный периметр является функцией глубины потока  $\chi = f(h)$ . Эта функция имеет минимум, так как всегда  $\chi > 0$ , а глубина  $h$  изменяется в пределах  $0 < h < \infty$ . Находим глубину  $h$  при  $\chi_{min}$ :

$$\frac{d\chi}{dh} = -\frac{\omega}{h^2} - m + 2\sqrt{1+m^2} = 0;$$

или после подстановки  $\omega = (b + mh)h$  и  $\frac{\omega}{h^2} = \frac{b}{h} + m$ .

$$-\frac{b}{h} - 2m + 2\sqrt{1+m^2} = 0, \text{ откуда}$$

$$\frac{b}{h} = \beta_{эм} = \left(2\sqrt{1+m^2} - m\right) = 0 \quad (10)$$

Таким образом, чтобы построить гидравлически наивыгоднейшее сечение трапецеидального профиля при заданном  $m$ , надо получить между  $b$  и  $h$  отношение  $\beta = \frac{b}{h}$ , удовлетворяющее формуле (10). В таблице 4 показаны значения  $\beta_{эм}$  для каналов с различным заложением откосов [3-4].

Таблица 4 – Значения  $\beta_{эм}$  для каналов с различным заложением откосов

Заложения откосов	0	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0
$\beta_{эм}$	2	2.2	0.81	0.48	0.28	0.20
$h_{эм}$	0.5b	0.83b	1.19b	2.08b	3.57b	5b

Из данных таблицы видно, что гидравлически наивыгоднейшее сечение получается относительно узким и глубоким. Это привело к тому, что по строительным и эксплуатационным соображениям не строят средние и крупные каналы гидравлически наивыгоднейшего профиля; они нашли применение только при проектировании малых каналов [3].

Типовые задачи гидравлического расчета. Из рассмотрения формулы (7) приходим к выводу, что равномерное движение воды в открытых каналах характеризуется шестью параметрами:  $Q, n, l, b, h, m$ . Поэтому при проектировании каналов задача гидравлического расчета будет определенной, если известны пять параметров, а надо найти шестую величину. Причем коэффициент шероховатости  $n$  и заложения откоса  $m$ , известны. В связи с этим гидравлические расчеты каналов заключаются в решении четырех следующих задач [3-5].

- 1) Определение расхода воды  $Q$ .
- 2) Определение уклона  $l$ .
- 3) Определение глубины потока  $h$ .
- 4) Определение ширины по дну  $b$  или ширины по урезу  $B$ .

В данной работе рассматривается решение только 3 и 4 задачи.

Была рассмотрена классификация открытых каналов, геометрические элементы поперечного сечения каналов, свойства открытых потоков. В данной работе рассматриваются только открытые каналы, в которых поток движется со свободной поверхностью, воспринимающей безнапорное давление. Здесь искусственные русла проектируются с сечением правильной геометрической формы, постоянным уклоном дна и неизменяющейся по длине формой русла.

При рассмотрении расчетных зависимостей и типовых задач делаем вывод, что искусственные открытые русла – рассчитываются на условие равномерного движения жидкости, при котором площадь поперечного сечения  $\omega$ , глубина наполнения канала  $h$  и средняя скорость течения  $V$  не изменяются вдоль потока [3-4]. Нами проведен сбор, систематизация и обработка опубликованных сведений по теме расчета параметров открытых каналов.

При проектировании каналов задача гидравлического расчета будет определенной, если известны пять параметров, а надо найти шестую величину. Предложено разработать программный модуль (система MATLAB [6]), с верификацией в инженерном пакете Mathcad [7]. Такой модуль избавит инженера от трудоемкого процесса расчета и случайных ошибок, связанных с человеческим фактором.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития судостроения и судоходства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://morvesti.ru/analitika/1692/93331/>, свободный.
2. Список каналов России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_canals\\_in\\_Russia](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_canals_in_Russia), свободный.
3. Рабкова, Е.К. Проектирование и расчет оросительных каналов в земляном русле [Электронный ресурс] / Е.К. Рабкова. – Режим доступа: <http://www.cawater-info.net/library/rus/hist/rabkova/pages/001.htm>, свободный.
4. Чугаев Р.Р. Гидравлика [Текст] Учебник для вузов-6-е изд., репринтное. / Р. Р. Чугаев.- М.: Издательский Дом «БАСТЕТ», 2013. - 672с.;ил.
5. Справочник по гидравлическим расчетам [Текст]: справочник/ П.Г. Киселев, А.Д. Альтшуль, Н.В. Данильченко и др.; под ред. П.Г. Киселева. – М.: «Энергия», 1974. – 312 с.
6. Система MATLAB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://matlab.ru/products/matlab>, свободный.
7. Описание продукта Mathcad [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pts-russia.com/products/mathcad/mathcad-info.html>, свободный.

REFERENCES

1. Strategy for the development of shipbuilding and shipping [Electronic resource]. – Access mode: <https://morvesti.ru/analitika/1692/93331/>, free.
2. List of channels in Russia [Electronic resource]. – Access mode: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_canals\\_in\\_Russia](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_canals_in_Russia), free.
3. Rabkova, E.K. Design and calculation of irrigation channels in the earth bed [Electronic resource] / E.K. Rabkova. – Access mode: <http://www.cawater-info.net/library/rus/hist/rabkova/pages/001.htm>, free.
4. Chugaev R.R. Hydraulics [Text] Textbook for universities- 6th ed., reprint. / R. R. Chugaev.- M.: Publishing House "BASTET", 2013. - 672s.;ill.
5. Handbook of hydraulic calculations [Text]: handbook/ P.G. Kiselyov, A.D. Altshul, N.V. Danilchenko and others; edited by P.G. Kiselyov. – M.: "Energy", 1974. – 312 p.
6. The MATLAB system [Electronic resource]. – Access mode: <https://matlab.ru/products/matlab>, free.
7. Product description of Mathcad [Electronic resource]. – Access mode: <http://ptsrussia.com/products/mathcad/mathcad-info.html>, free.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Открытый канал, гидрологический расчет, характеристики, анализ, систематизация.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Гольшев Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор каф. «Информационных систем» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Моторин Сергей Викторович, доктор технических наук, с.н.с., зав. кафедрой «Информационных систем» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Гольшев Дмитрий Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент каф. «Информационных систем» ФГБОУ ВО «СГУВТ»

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## УВЕЛИЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И КРУТИЗНЫ ОТКОСОВ ГРУНТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Е.М. Сорокин**

### INCREASING THE STABILITY AND STEEPNESS OF THE SLOPES OF GROUND STRUCTURES

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**E.M. Sorokin** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department «Water surveys, paths and hydraulic structures » of SSUWT)

**ABSTRACT:** This article presents the results of studies carried out at one time under the leadership of V.V. Degtyarev and were not fully published. The developed method of increasing the stability of slopes by adding crushed stone or gravel to sandy soils is justified by conducting a series of experiments and is protected by an author's certificate and patent. The relevance of the method is confirmed by the application of Japan.

**Keywords:** Slope structure, sand-gravel mixture.

В настоящей статье приведены результаты исследований, выполненных в своё время под руководством В.В. Дегтярева и не были в полной мере опубликованы. Разработанный метод повышения устойчивости откосов добавлением щебня или гравия в песчаные грунты

обоснован проведением серии экспериментов и защищен авторским свидетельством и патентом. Актуальность метода подтверждается заявкой Японии.

Повышение крутизны откосов грунтовых сооружений является весьма актуальной задачей во многих отраслях строительства, в том числе гидротехнического. В настоящее время существуют различные методы решения данной задачи. Среди них можно отметить такие методы, как армирование откоса рулонными материалами [1, 2], особенно широко применяемое во Франции, а также методы химического закрепления грунта [3]. Однако применение таких методов увеличения крутизны откосов не везде и не всегда может оказаться целесообразным и возможным. В связи с этим представляет интерес простой и легко осуществимый на практике метод-повышение крутизны откосов путем добавления в грунтовый материал крупнообломочных компонентов.

При появлении в песчаном грунте крупных включений, кроме увеличения угла внутреннего трения, начинают проявляться другие факторы, увеличивающие сопротивляемость грунта сдвигу [4]. Первый из них – это структурное сцепление, обусловленное взаимным зацеплением зерен. Зацепление особенно характерно для плотных разнородных по гранулометрическому составу грунтов. Попутно можно заметить, что в природе устойчивость высоких обрывистых берегов, сложенных галькой с порами, заполненными песком, объясняется, главным образом, высоким зацеплением. При высокой плотности такие грунты могут держать даже вертикальный откос. Вторым фактором, повышающим сопротивляемость грунтов сдвигу, является так называемый "шпоночный эффект", суть которого состоит в том, что, когда в развивающуюся плоскость сдвига попадает крупный элемент, он играет роль своеобразной шпонки, вовлекая в работу больший объем грунта. И, наконец, третий фактор – это эффект блокировки. При увеличении напряжений в грунте наряду с образованием площадок скольжения имеются области, в которых грунт уплотняется. Эффект блокировки состоит в том, что, когда области уплотнения окружают зоны пластических деформаций, они задерживают развитие таких зон, тем самым увеличивая прочность грунта в целом. Эффект блокировки проявляется в большей мере при увеличении неоднородности грунта.

Вышесказанное позволяет считать перспективным предлагаемый метод увеличения крутизны грунтовых откосов. Однако применение этого метода в настоящее время сдерживается отсутствием каких-либо рекомендаций по подбору состава грунтовых смесей, обоснованных и подтвержденных лабораторными и натурными исследованиями.

Б. Хансен [5] предлагает эмпирическую формулу для определения угла внутреннего трения сыпучих грунтов

$$\varphi = 36^\circ + \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 \quad (1)$$

где  $\varphi$  – угол внутреннего трения грунта;

$\varphi_1$  – поправочная величина, зависящая от окатанности зерен;

$\varphi_2$  – слагаемое, зависящее от крупности зерен;

$\varphi_3$  – слагаемое, зависящее от однородности грунта;

$\varphi_4$  – слагаемое, зависящее от плотности.

Указанная зависимость является весьма условной и мало пригодна для проектирования откосов из грунтовых смесей.

В связи с этим автором были предприняты специальные лабораторные и натурные исследования по определению влияния крупнообломочных включений на устойчивость и крутизну грунтовых откосов. Целью этих исследований являлась проверка возможности применения смеси грунта и крупнообломочного заполнителя для повышения крутизны откосов полуоткосных и откосных гидротехнических сооружений.

Лабораторные исследования эффективности включения крупнообломочных компонентов в грунтовый материал откосных и полуоткосных сооружений включали в себя два этапа. На первом этапе исследований была проведена серия экспериментов по определению влияния крупнообломочных включений на величину разрушающей нагрузки на откосное сооружение. Эта серия явилась начальной проверочной стадией исследований, в результате которой была выявлена целесообразность дальнейших экспериментов. При этом ставилась задача установить влияние на несущую способность откосного сооружения таких факторов, как содержание, форма и крупность заполнителя. Для определения несущей способности сооружения нагрузка

на горизонтальную часть откоса постепенно увеличивается до наступления предельного равновесия. Величина нагрузки, соответствующая наступлению предельного равновесия сдвигающих и удерживающих сил, характеризует несущую способность основания и тем самым позволяет судить об эффективности применения смеси грунта с крупнообломочным материалом.

Экспериментальная установка (рисунок 1) представляет собой грунтовый лоток с боковыми стенками из толстого оргстекла. На стекло нанесена координатная сетка. Размеры лотка (2,0x1,0x0,25м) были выбраны достаточно большими для исключения так называемого "масштабного эффекта". Малая ширина лотка (0,25 м) принята для удобства проведения экспериментов. В данном случае это вполне приемлемо, поскольку, хотя силы трения о стенку в таких условиях играют значительную роль, они действуют одинаково во всех экспериментах и не сказываются на относительных величинах, характеризующих устойчивость откоса, получение которых было задачей опытов.

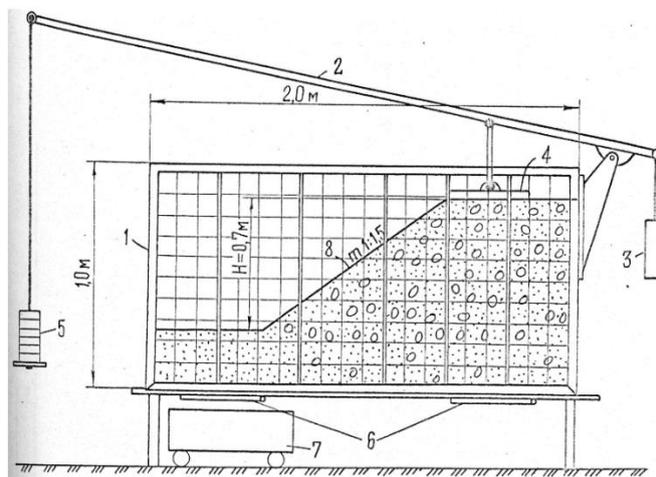


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки для определения устойчивости откосов  
1 – грунтовый лоток; 2 – рычаг; 3 – противовес; 4 – штамп; 5 – грузы;  
6 – люки для высыпания грунта; 7 – тележка для грунта; 8 – откосное сооружение

Опыты проводились по следующей методике. В грунтовом лотке (рисунок 1) формировалось откосное сооружение 8 строго определенного профиля и к поверхности откоса прикладывалась нагрузка средством штампа 4. Давление на штамп передавалось через рычаг, к концу которого подвешивались грузы 5. Нагрузка прикладывалась ступенями до момента потери откосом устойчивости. В качестве основного грунтового материала применялся песок средней крупности с углом внутреннего трения  $\varphi = 29^\circ$  и удельным весом  $\gamma_0 = 17,5 \text{ кН} / \text{м}^3$ . Заполнитель использовался трех видов – галечник со средним диаметром зерен  $d_1 = 10\text{--}30 \text{ мм}$  и  $d_2 = 40\text{--}60 \text{ мм}$  и щебень с размером зерен 20–50 мм. Содержание заполнителя в песке определялось по отношению их объемов  $P = \text{Щ}/\text{П}$ .

В описываемой серии экспериментов было проведено 19 опытов, чтобы исключить влияние случайных факторов на результаты эксперимента, каждый опыт повторялся не менее трех раз. После каждого опыта грунтовая смесь высыпалась из лотка через люки, расположенные в днище и формирование откоса производилось заново. Технология укладки грунта в тело откоса во всех случаях оставалась неизменной. Таким образом исключалось влияние предыдущих загрузок на результаты последующих опытов. Параметры откоса определялись размерами лотка и во всех опытах составляли: высота откоса  $H = 0,7\text{ м}$ , заложение откоса  $m = 1:1,5$ . Результаты экспериментов представлены на графике (рисунок 2). Разрушающие нагрузки приведены в безразмерных величинах по отношению

$$\bar{q} = \frac{q_c}{q_{\text{п}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где  $q_c$  – нагрузка, соответствующая предельному состоянию откоса из испытываемой смеси;

$q_{\text{п}}$  – то же, для откоса из чистого песка.

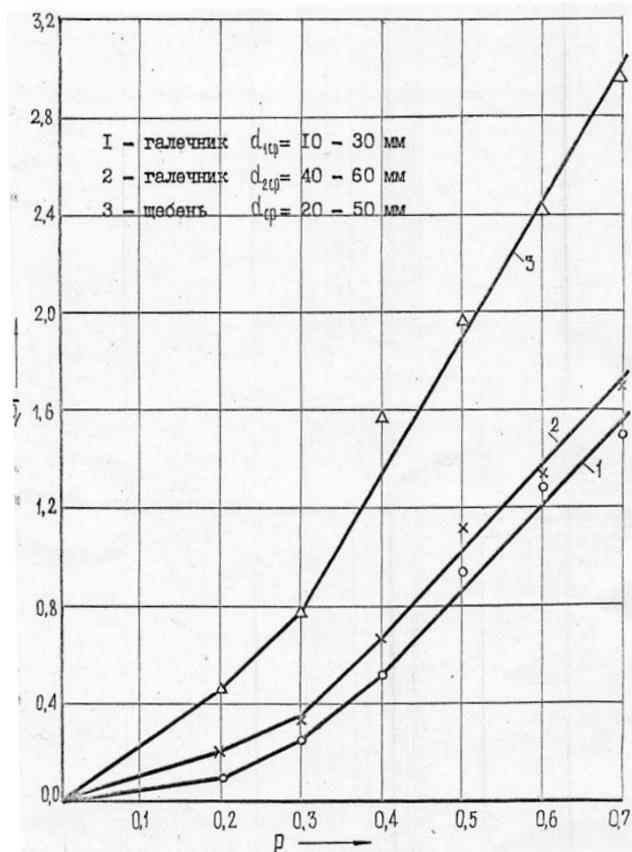


Рисунок 2 – Зависимость разрушающей нагрузки на откосное сооружение от содержания крупнообломочного заполнителя  
 1 – галечник  $d_{1cp} = 10 \div 30$  мм; 2 – галечник  $d_{2cp} = 40 \div 60$  мм; 3 – щебень  $d_{cp} = 20 \div 50$  мм

Следует отметить, что при повторении опытов результаты их отличались высокой стабильностью. Отклонение результатов отдельных испытаний от среднего значения во всех случаях не превышало  $5=7\%$

Анализируя результаты первой стадии экспериментов, можно отметить следующее:

- добавление крупнообломочных компонентов в грунтовый материал откоса весьма существенно влияет на его устойчивость. Влияние заполнителя начинает сказываться уже при его содержании в смеси  $P = 0,2$ , а при увеличении  $P$  до  $0,7$  предельная нагрузка на откосное сооружение возрастает в  $2,5-4$  раза;

- значительное влияние на несущую способность откоса оказывает форма зерен заполнителя. Так, щебень, имеющий зерна неправильной угловатой формы заметно эффективнее галечника с окатанными гладкими зернами (на рисунке 2 кривая 3 идет гораздо круче других).

Проведенная серия экспериментов показала хорошие перспективы применения грунтовых смесей для повышения несущей способности откосных сооружений и целесообразность проведения дальнейших исследований в этой области.

Основная серия экспериментов заключалась в определении угла естественного откоса грунтовых смесей. Угол естественного откоса кроме основных характеристик грунта зависит также и от многих других факторов (высота откоса, степень шероховатости поверхности, на которую отсыпается откос и др.) и, строго говоря, не может рассматриваться в качестве физической постоянной сыпучего тела. Однако при проведении сравнительных экспериментов в одинаковых для всех опытов условиях влиянием побочных факторов, не зависящих от характеристик грунта, можно пренебречь. Поскольку в предварительных экспериментах было установлено, что заполнитель из щебня значительно эффективнее галечника, в основной серии опытов в качестве заполнителя применялся только щебень различной крупности.

Опыты проводились в том же грунтовом лотке, что и первая серия, переоборудованном для целей данного эксперимента. Для этого в лотке была установлена перегородка 2, вращающаяся вокруг своего верхнего ребра (рисунок 3). Перегородка может фиксироваться в любом положении с помощью штанги.

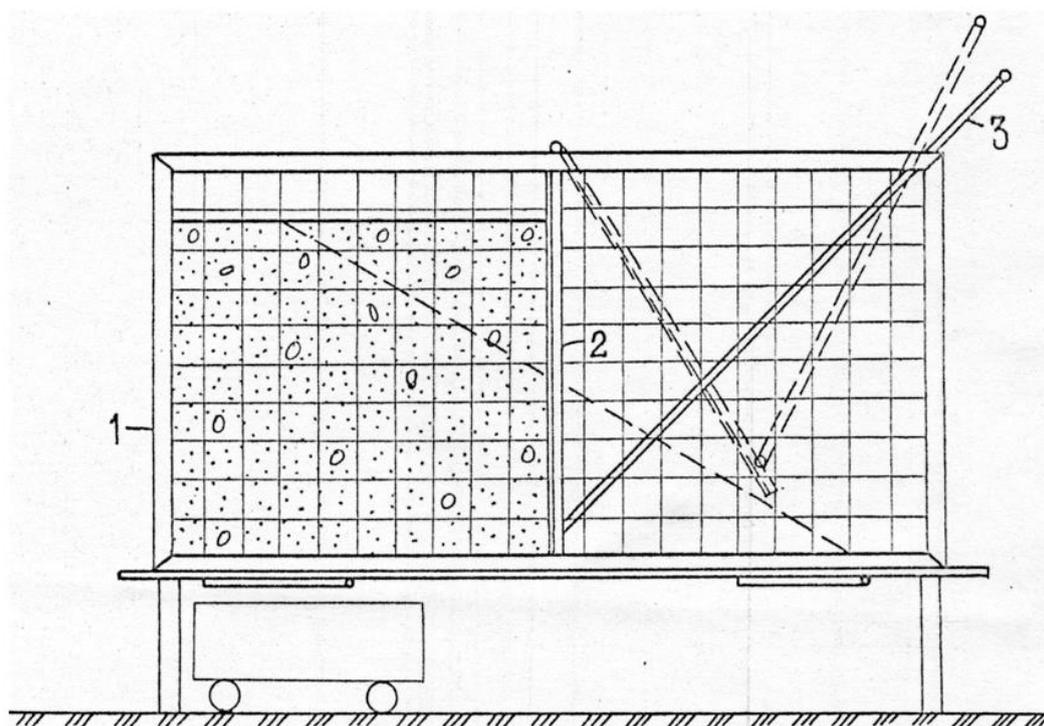


Рисунок 3 – Схема экспериментальной установки для определения угла естественного откоса сыпучих грунтов  
1 – грунтовый лоток; 2 – вращающаяся перегородка; 3 – удерживающая штанга

В основной серии экспериментов изучалась зависимость угла естественного откоса грунтовой смеси от содержания и крупности заполнителя, а также степени уплотнения исходной смеси.

Опыты проводились по следующей методике. В начале каждого опыта перегородка устанавливалась в вертикальное положение и за нее производилась послойная укладка смеси с уплотнением или без него. После окончания отсыпки перегородка открывалась, и форма отсыпавшегося откоса фиксировалась по координатной сетке. В опытах данной серии в качестве заполнителя использовался щебень, рассортированный на три фракции:  $d_1 = 10\text{--}30$  мм;  $d_2 = 30\text{--}60$  мм;  $d_3 = 60\text{--}80$  мм. Уплотнение производилось вручную (трамбовкой) и с помощью вибратора. Таким образом удалось получить результаты при трех значениях индекса плотности песка в смеси:  $D_1 = 0,45$  (без уплотнения);  $D_2 = 0,63$  (уплотнение вручную)  $D_3 = 0,70$  (уплотнение вибратором). Чтобы исключить влияние неравномерности укладки и перемешивания грунта, каждый опыт повторялся не менее трех раз.

В заключение описанной серии опытов были произведены проверочные эксперименты в лотке больших размеров (4,0x2,0x1,5 м). Было проведено 6 опытов с чистым песком и с грунтовой смесью из песка и щебня с крупностью зерен 60–80 мм. Отношение объема щебня к объему песка составляло  $P=\text{Щ}/\text{П}=0,4$ , укладка смеси производилась без уплотнения.

В результате основной серии экспериментов получены зависимости угла естественного откоса грунтовой смеси от содержания и крупности заполнителя, а также от относительной плотности песка в исходной смеси.

В качестве экспериментальной зависимости, учитывающей влияние объемного содержания заполнителя  $P$  и его крупности  $d$  на угол заложения откоса  $\varphi$  можно предложить выражение вида

$$\varphi = AP^B + \varphi_0 \quad (3)$$

где  $\varphi_0$  – угол естественного откоса, сложенного грунтом без заполнителя. Обработка данных экспериментов методом наименьших квадратов дала значение параметров  $A$  и  $B$  для щебня различной крупности. В результате обработки экспериментальных данных выяснилось, что значение параметра  $B$  практически не зависит от крупности заполнителя и его величину

можно принять равной  $B = 0,556$ .

Для определения параметра  $A$  по данным экспериментов построен график (рисунок 4).

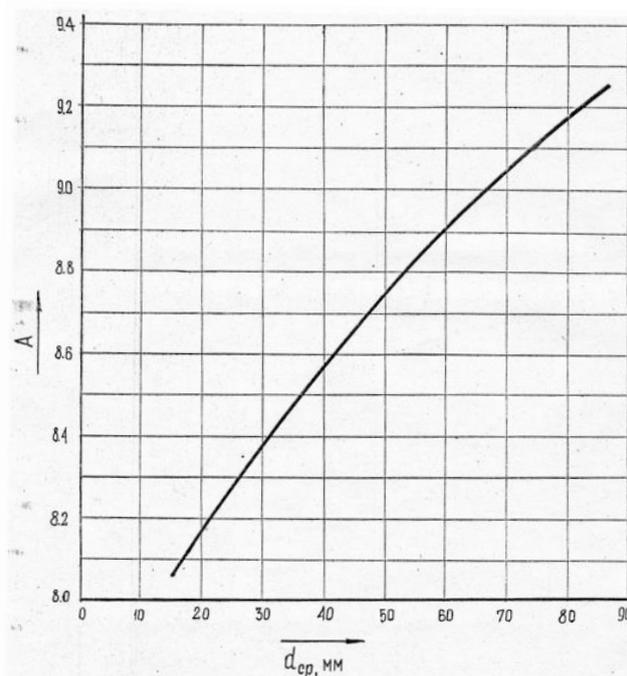


Рисунок 4 – График зависимости параметра  $A$  от крупности заполнителя

Таким образом, зависимость для определения угла естественного откоса грунтовой смеси с крупнообломочным заполнителем имеет вид

$$\varphi = AP^{0,556} + \varphi_0$$

Анализируя результаты выполненных исследований, можно отметить следующее.

1. Добавление крупнообломочных компонентов в грунтовой материал откосных и полукосных сооружений является эффективным средством повышения крутизны откосов, что позволяет значительно снизить объемы работ при строительстве откосных сооружений и повысить их устойчивость при действии эксплуатационных нагрузок. Как показали эксперименты, разрушающая нагрузка на откос при увеличении содержания крупных фракций возрастает весьма интенсивно. Так, при увеличении содержания щебня  $P$  до 0,7 предельная нагрузка на откос возросла в 4 раза по сравнению с откосом из чистого песка. Существенно при этом возрастает и угол естественного откоса. В опытах при увеличении содержания щебня от 0 до 1 получено увеличение крутизны откоса в 1,5 раза.

2. Форма зерен заполнителя оказывает значительное влияние на эффективность предлагаемого метода повышения устойчивости откосов. Предельная нагрузка, соответствующая заполнителю из щебня превосходит таковую для галечника более чем в 2 раза практически во всем диапазоне содержания заполнителя.

3. Влияние крупности заполнителя на устойчивость и крутизну откосов сказывается меньше, чем отмеченных выше факторов. Причем с увеличением крупности фракций крутизна откосов возрастает в меньшей степени. При возрастании крупности фракций до определенного предела увеличение угла естественного откоса смеси практически прекращается. Данный предел находится в диапазоне  $d_{cp} = 40-60$  мм.

4. Роль уплотнения грунтовой смеси в исследованиях в полной мере не проявилась. По-видимому, в процессе сдвигового деформирования грунта значительно влияние процесса дилатенции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитенко М.И., Жук В.В. Лабораторные исследования устойчивости армированного откоса // Основания и фундаменты: сб. науч. тр.-Минск, 1979. –с. 105-108
2. La Terre Arme' // Note d Information Technique.-Paris.-avril, 1973.
3. Ржаницын Б.А., Соколович В.З. Закрепление

#### REFERENCES

1. Nikitenko M.I., Zhuk V.V. Laboratory studies of the stability of reinforced slope // Foundations and foundations: collection of scientific tr.-Minsk, 1979. –pp. 105-108
2. La Terre Arme' // Note d Information Technique.-Paris.-avril, 1973.
3. Rzhantsyn B.A., Sokolovich V.Z. Soil fixation by

грунтов химическим способом//Совершенствование конструкций и методы устройства фундаментов и подземных сооружений в сложных грунтовых условиях: сб.науч.тр. ин-та НИИ оснований.-вып.75.-М.:ОПИИТИ,1981.-с.45-51

4. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства.- М.:Стройиздат, 1977.-320 с.

5. Hansen B., Lundgren H. Hauptprobleme der bodenmechanik. –Berlin, 1960. -282p.

chemical method//Improvement of structures and methods of installation of foundations and underground structures in difficult ground conditions: collection of scientific research Institute of foundations.- issue 75.-M.:OPIINTI,1981.-pp.45-51

4. Maslov N.N. Soil mechanics in construction practice. - M.:Stroyizdat, 1977.-320 p.

5. Hansen B., Lundgren H. Hauptprobleme der bodenmechanik. –Berlin, 1960. -282p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Откосное сооружение, песчано-гравийная смесь.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Сорокин Евгений Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водных изысканий, путей и гидротехнических сооружений» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **НАТУРНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЧАСТКОВ СЛИЯНИЯ РЕК**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**В.В. Шамова, В.В. Беляева, С.В. Ступко**

### **FULL-SCALE AND THEORETICAL STUDIES OF RIVER CONFLUENCE SITES**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**V.V. Shamova** (Ph.D. of Technical Sciences, Professor of SSUWT)

**V.V. Belyaeva** (Assistant of SSUWT)

**S.V. Stupko** (Postgraduate student of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article considers a study on the example of two sections of the confluence of rivers (Biya and Katun, Tom and Ob). The main content of the study is the analysis of channel processes. The study of riverbed processes at the confluence of rivers was carried out using geoinformation technologies and satellite coordination of measurement work. The obtained hydrological information provides the basis for the analysis and forecast of riverbed formations in the studied areas of the confluence of rivers, as well as improving the geomorphological monitoring of Russian processes to ensure the safety of the population and social objects.

**Keywords:** *Channel processes, river confluence, channel survey, water flow.*

В статье рассматривается исследование на примере двух участков слияния рек (Бия и Катунь, Томь и Обь). Основное содержание исследования составляет анализ русловых процессов. Исследование русловых процессов на участках слияния рек велось с помощью геоинформационных технологий и спутникового координирования промерных работ. Полученная гидрологическая информация дает основу для анализа и прогноза русловых деформаций на исследуемых участках слияния рек, а также совершенствования геоморфологического мониторинга русловых процессов для обеспечения безопасности населения и социальных объектов.

Изучение русловых процессов и развитие теории формирования русла рек имеют большое практическое значение для решения вопросов организации судоходства и гидротехнического строительства.

Бассейн рек Оби и Иртыша с притоками почти в полтора раза превышает территорию, занимаемую девятью субъектами РФ: Тюменской областью, Ямало-Ненецким и Ханты-Мансийским АО, Омской, Новосибирской, Кемеровской и Томской областями, Алтайским краем и Республикой Алтай.

Гидроэнергетический потенциал сибирских рек (Обь, Катунь, Бия, Томь, Чулым) оценивается в 10,5% от общероссийского. Протяженность судоходных рек – свыше 23 тыс. км внутренних водных путей, в том числе с гарантированными габаритами – около 10 тыс. км.

Река Обь образуется слиянием рек Бия и Катунь. Общая длина от истока до входного буя Ямсальского бара – 3661 км, а по площади водосбора река Обь занимает первое место в России и третье, после Лены и Енисея, по водности (среднегодовой сток реки – 394 куб. км).

В реку впадают более 150 притоков, крупнейшими из них являются: Иртыш, Вах, Чулым, Томь, Тромьёган, Кеть, Казым, Тын, Чумыш(правые). Северная Сосьва, Большой Юган, Васюган, (левые).

Река Обь судоходна, начиная от истока, где из русла осуществляется добыча нерудных строительных материалов. Грунт в русле рек Бия, Катунь и Обь - песок с наличием галечника и гравия, вдоль берегов встречаются камни [1].

Наибольшее влияние на условия судоходства оказывают русловые процессы, связанные с меандрированием, то есть искривлением русла, размывом вогнутых берегов, отложением наносов у выпуклых берегов, пойменной многорукавностью и на участках впадения притоков.

При слиянии рек мы не всегда имеем дело с реками одного порядка, одних гидроморфологических характеристик, и даже одного типа питания. В связи с этим гарантированные габариты судовых ход сливающихся рек могут отличаться, что влечет за собой использование разнотоннажного флота с разной осадкой. Как следствие – неэффективные экономические показатели при доставке грузов.

Сложность гидравлического режима на участках слияния рек (по сравнению с бесприточными участками) объясняется непрерывным взаимодействием сливающихся рек. Именно этот фактор является основополагающим и оказывающим основное влияние на гидрологический режим таких участков [4].

При слиянии двух рек, реки и крупного притока наблюдается взаимное влияние их на гидрологический режим. В результате зарегулирования стока реки влияние на ее режим притоков, оставшихся в не зарегулированном состоянии, претерпевает коренные изменения. Происходит перераспределение в соотношении расходов воды в реке и ее притоков. По терминологии Н. И. Маккавеева устьевые участки притоков из подпорных превращаются в бесподпорные. И наиболее значительные изменения гидрологического режима наблюдаются в паводковый период.

Теоретическое исследование процесса русловых переформирований на таких участках может быть сведено к совместному решению уравнения движения воды и уравнения деформации [2, 3]. В настоящее время создаются математические модели руслового потока. Такие модели опираются на более детальный гидродинамический анализ кинематики потока и физических свойств грунта, слагающего русло.

Более детальный гидродинамический анализ системы «русло-поток» может быть произведен на уровне отдельных участков и состоит в получении поля скоростей турбулентного руслового потока в поперечных сечениях русла в характерных створах участка.

Расчет скоростных характеристик и распределения потока по глубине и рукавам выполнялся на примере двух участков слияния: первый - Бии и Катунь, второй – Оби и Томи (рисунок 1).

В Обском бассейне наименьшей устойчивостью отличается Верхняя Обь. Здесь на участке от слияния Бии и Катунь встречаются практически все типы русел - от сложных разветвлений до свободных излучин и прямолинейного неразветвленного.

Участок слияния Бии и Катунь имеет следующие характеристики устойчивости русла: коэффициенты устойчивости по Лохтину 1.9–4.7; состояние русла – слабо-устойчивое; на участке Новосибирск – устье Томи коэффициент по Лохтину равен 6,3 – относительно-устойчивое русло.

Для эффективной работы по содержанию и улучшению судоходных условий требуется исследование русловых процессов на основе систематических гидрологических изысканий. Наиболее перспективными и эффективными способами получения гидрологической информации являются системы спутникового позиционирования GPS, которые позволяют вести съемку в реальном времени с постобработкой и определять местоположение любых объектов.

Создание гидрологических информационных систем позволяет всю гидрологическую информацию представлять в виде цифровых моделей речного русла (ЦМРР).

Исследование русловых процессов на участках слияния рек с помощью ГИС включало три этапа: 1) организацию съемки, 2) русловую съемку, 3) камеральную обработку.

Русловая съемка заключалась в измерении глубин на исследуемом участке в районе слияния рек Бии и Катунь (рисунок 2). На промерное судно устанавливался эхолот марки Garmin с приемником GPS Map 585, с антенной, ноутбук. Задавались: параметры судна, система координат, частота измерений, вид отчета, разбивка галсов для корректировки движения судна. В результате получен каталог координат промерных точек со значениями глубин, по которым в дальнейшем будет создана трехмерная модель дна русла. Глубины варьировались от 0.9 до 2.9 метров. Обе реки имеют приблизительно одинаковую водность и испытывают

переменный подпор в течение года; ширина русла Оби ниже устьевых створов почти вдвое превышает ширину каждой из сливающихся рек. Большой сток наносов Катунь привел к образованию в ее дельте дельту выдвигания, которая выдвинута вниз по течению почти на 6 километров. В зависимости от величины спада или подъема уровней воды вдоль стрелки формируется длинная или короткая протока. В устье Бии сформировалась короткая дельта выполнения, и, соответственно, рукав, образующий длинное соединение. Данный участок слияния рек характеризуется наличием усиленной турбулентности и большим количеством вихревых русловых образований.

Программное обеспечение позволяет конечный результат изысканий представлять в виде цифровой карты местности, привязанной к нужной системе координат с построением трехмерной модели изучаемого участка.

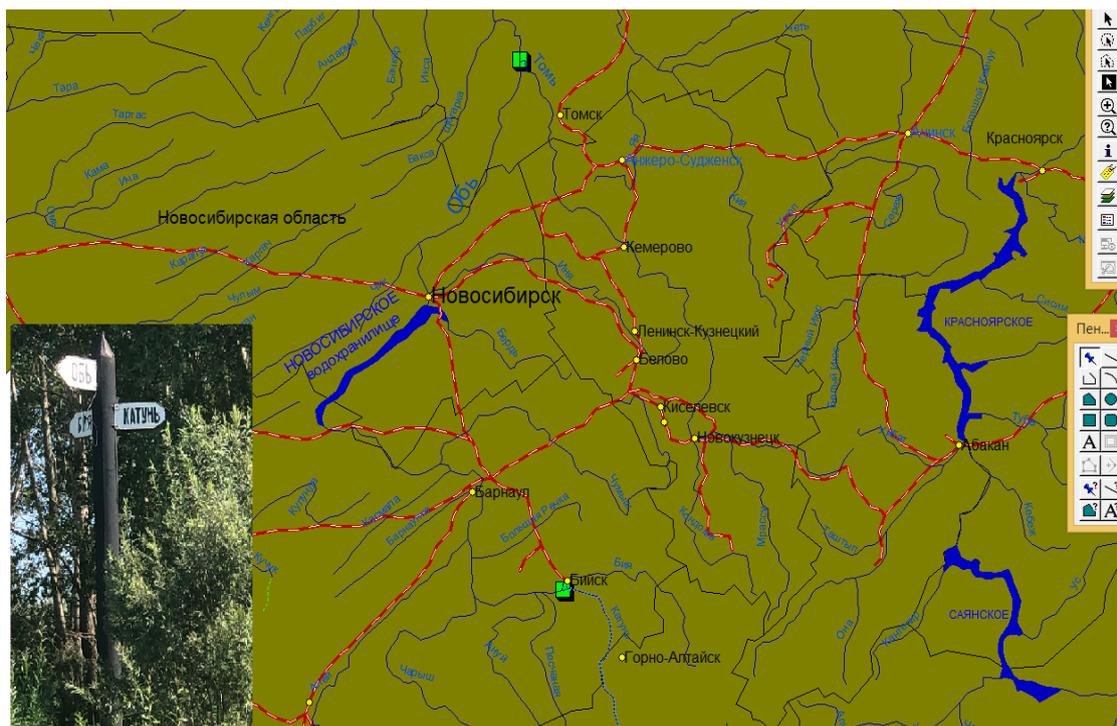


Рисунок 1 – Слой электронной карты – участки слияния рек (Бия и Катунь, Обь и Томь)



Рисунок 2 – Слой электронной карты первого участка промеров глубин

На двух исследуемых участках был выполнен расчет размывающих, неразмывающих и средних скоростей течения, а также скорости начальных деформаций методом М.А. Великанова.

## ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

В местах узлов слияния рек или впадения крупного притока происходит резкое ухудшение судоходных качеств реки, часто нарушается безопасность судоходства и, в комплексе с этим, увеличиваются расходы на содержание судовых ходов за счет регулярного проведения путевых работ.

Полученная гидрологическая информация с использованием геоинформационных технологий и спутникового координирования промерных работ дает основу для анализа и прогноза русловых деформаций на исследуемых участках слияния рек, а также совершенствования гидроморфологического мониторинга русловых процессов для обеспечения безопасности населения и социальных объектов.

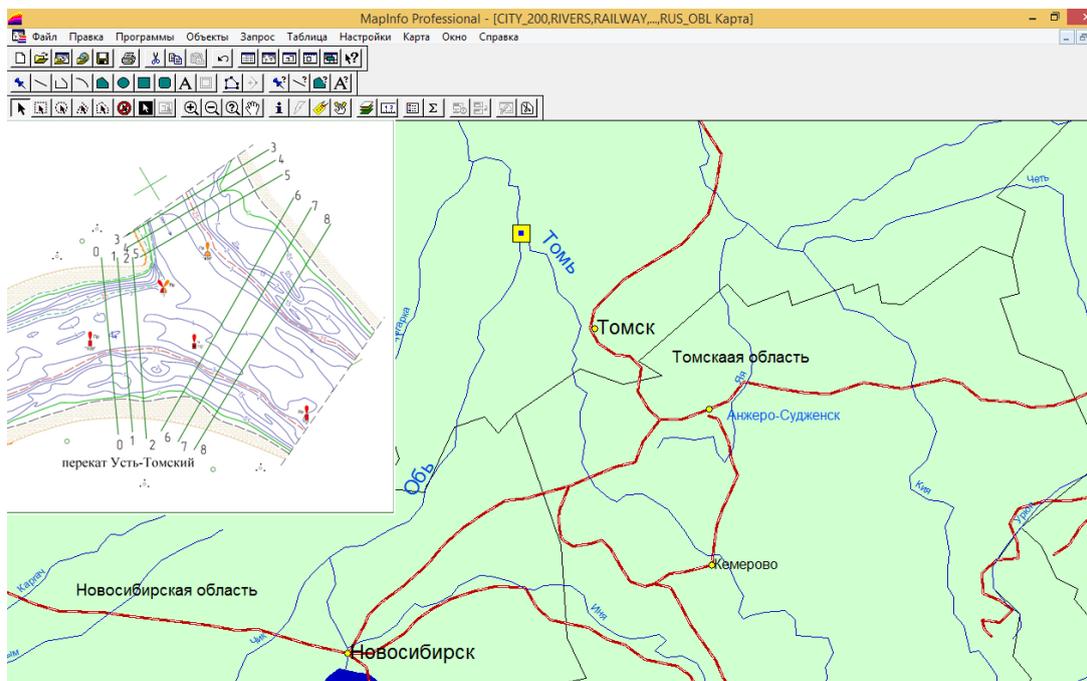


Рисунок 3– Распределение расчетных участков в местах слияния рек Томь и Обь на слое электронной карты

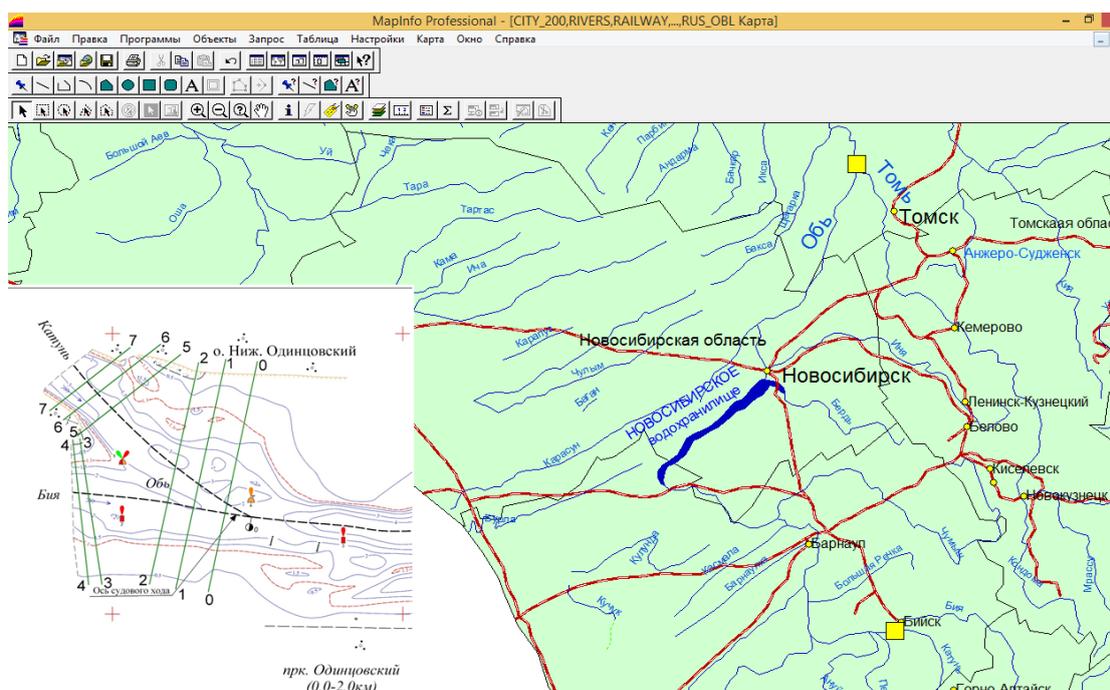


Рисунок 4 – Распределение расчетных участков в местах слияния рек Бия и Катунь на слое электронной карты

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Баула В.А. Руслые процессы и водные пути на реках Обского бассейна: монография / В.А. Баула, Р.С. Чалов, Е.М. Плескевич. – Новосибирск: РИПЭЛ плюс. – 2001. – 300 с. – ISBN 5-8406-0305-8. – Текст: непосредственный.
2. Беляева, В.В. Особенности русловых процессов в узлах слияния рек (на примере Обского бассейна) / В.В. Беляева, Т.В. Пилипенко – Текст: непосредственный // Речной транспорт (XXI век) – 2022.- №1. – с. 57-58.
3. Ботвинков, М.В. Исследование методов улучшения судоводных условий в узлах слияния рек (дисс. кан.наук). НИИВТ, 1982. – Текст: непосредственный.
4. Гришанин К.В. Водные пути / К.В. Гришанин, В.В. Дегтярев, В.М. Селезнев.-М., 1986.-400с.

**REFERENCES**

1. Baula V.A. Channel processes and waterways on the rivers of the Ob basin: monograph / V.A. Baula, R.S. Chalov, E.M. Pleskevich. – Novosibirsk: RIPEL plus. – 2001. – 300 p. – ISBN 5-8406-0305-8. – Text: direct.
2. Belyaeva, V.V. Features of channel processes at river confluences (using the example of the Ob Basin) / V.V. Belyaeva, T.V. Pilipenko - Text: direct // River transport (XXI century) - 2022. - No. 1. - p. 57-58.
3. Botvinkov, M.V. Study of methods for improving navigation conditions at river confluences (diss. can. sciences). NIIVT, 1982. – Text: direct.
4. Grishanin K.V. Waterways/ K.V. Grishanin, V.V. Degtyarev, V.M. Seleznev.-M., 1986.-400 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*Руслые процессы, слияние рек, русловая съемка, расход воды.*

*Шамова Вера Васильевна, кандидат технических наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Беляева Виктория Васильевна, ассистент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Ступко Станислав Владиславович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **ПРИЧИНЫ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА РЕЧНЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЯХ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**М.А. Щербинина, Е.А. Пахомов**

**CAUSES OF EMERGENCY SITUATIONS AT RIVER BERTH STRUCTURES**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**M.A. Shcherbinina** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**E.A. Pakhomov** (Ph.D. of Medical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** The causes of emergency situations at river berth structures can be divided into causes caused by errors made during the design, deviations from the rules of work during the construction of the structure, and emergency situations caused by the impact of environmental factors on the berth, the influence of which was not foreseen by the design.

**Keywords:** Accidents, mooring facilities.

Причины аварийных ситуаций на речных причальных сооружениях можно условно поделить: на причины, обусловленные ошибками, допущенными при проектировании, отступлением от правил производства работ при возведении конструкции и аварийные ситуации, вызванные воздействием на причал факторов окружающей среды, влияние которых не было предусмотрено проектом.

Ошибки при проектировании, зачастую бывают вызваны тем, что при проектировании не были учтены в полной мере все возможные нагрузки на причал, либо выбранная конструкция причальной набережной не пригодна для строительства на данном участке вследствие совокупности климатических, реологических и других условий района. Так в США конструкция козловой больверка потерпела аварию в связи с ошибкой при проектировании узла сопряжения шпунта и анкерных свай. Анкерные сваи, приваренные к стенке, оторвались от неё [1].

Отступление строителями от технологии производства работ или несоответствие строительных материалов проектным требованиям часто приводит к тому, что несущая способность причальных набережных не соответствует проектной, срок безаварийной работы причальной набережной значительно сокращается, набережная требует более ранних сроков проведения капитального ремонта, на текущий и капитальный ремонт необходимы более крупные материальные вложения.

Одним из примеров такого фактора может служить причальная набережная в поселке Мохсоголлох (Республика Саха Якутия), расположенном около 250 км от Якутска, вверх по течению р. Лена.

Строительство причальной набережной велось относительно недавно в 80-е годы XX века. Первоначально набережная была запроектирована в виде гравитационной стенки вертикального профиля, высотой – 16,2 м, длиной – 200 м. Вертикальная часть стенки выполнена

из монолитного железобетона. Обратная засыпка местным скальным грунтом с углом внутреннего трения  $\varphi_n \geq 400$ . В основании причальной набережной залегают известняки, в кровле выветрелые [2].

Строительство причальной набережной велось неквалифицированными рабочими, привлеченными из располагающейся в то время в этом районе исправительной колонии. Работы по возведению причальной набережной производились в зимний период времени при особо низких температурах. Возведение бетонных конструкций в таких условиях нуждается в особо строгом соблюдении правил производства бетонных работ при отрицательных температурах [2].

Халатное отношение к строительству причальной набережной привело к тому, что при производстве бетонных работ были допущены следующие отступления от технологии производства бетонных работ в зимний период времени: некачественно выполнена опалубка, бетонная смесь не соответствовала требуемым характеристикам для сооружений данного типа, нарушена технология зимнего бетонирования [2].

Вышеперечисленные нарушения привели к тому, что при проведении обследования состояния причальной набережной после завершения строительства, взятые образцы бетона даже отдаленно не соответствовали требуемым характеристикам. Когда отобранные образцы бетона принесли в теплое помещение, после оттаивания они рассыпались в руках. Было принято решение о перепроектировании причальной набережной в гравитационную стенку полукосного профиля. Верхняя часть набережной была снята. Откос выполнен из железобетонных плит. Несущая способность причальной набережной не соответствует первоначально запроектированной [2].

Хотя период эксплуатации для причальных набережных гравитационного типа довольно продолжительный и составляет около 60 лет причальная набережная в п. Мохсоголлох уже через 20 лет пригодна для эксплуатации лишь при значительном ограничении нагрузок. Натурное обследование причальной набережной, проведенное Экспертным центром Безопасности и Надежности сооружений, созданным в 2000 году на базе кафедры Строительного производства, конструкций и экологии Новосибирской государственной академии водного транспорта летом 2002 года показало, что причальная набережная претерпевает значительную потерю несущей способности. Наблюдается интенсивный вымыв грунта обратной засыпки из-под откосной части конструкции сточными водами. Проведенные измерения выявили, что горизонтальные перемещения в сторону акватории значительно превышают допустимые.

При незначительной загрузке причальной набережной горизонтальные перемещения достигали 8,71 см, на причале были установлены два порталных крана «Кировец» г/п 10 т и «Ганц» г/п 6 т и сваи в количестве 100 шт. весом 1,86 т. Высотные перемещения кордонных марок составили 3,62 см.

Однако предел прочности бетона откосной части составил  $R_{сж} = 240$  МПа. Марка бетонных конструкций соответственно М 200 (В 150). Предел прочности бетона вертикальной части –  $R_{сж} = 410$  МПа. Марка бетонных конструкций соответствует М 400 (В 350).

То есть за период эксплуатации бетон повысил свои прочностные характеристики под воздействием факторов окружающей среды, благоприятным фактором этому послужили влажность воздуха, состав вод акватории и окружающей среды. В непосредственной близости от причальной набережной находится цементный завод, цементная пыль которого, при достаточной влажности воздуха заполняет пустоты в бетоне образуя довольно плотное покрытие. Также благоприятным фактором явилось то, что на причале в основном перегружались вяжущие строительные материалы.

Полученные результаты обследования показали, что значительные горизонтальные перемещения, обусловленные низкой несущей способностью в настоящее время вызваны не низкой прочностью бетона, а вымыванием мелкого заполнителя обратной засыпки, выполненной как уже упоминалось выше из местного скального грунта [2].

После проведения обследования нами были рекомендованы на грузки на причал на расстояние 15 м не более 20 кН/м<sup>2</sup>, остальной участок 40 кН/м<sup>2</sup>, а также предписания о необходимости проведения полного комплекса ремонтных работ по улучшению состояния причальной набережной, с целью предотвращения дальнейшей потери несущей способности.

Благоприятным фактором для вышеописанной набережной также послужило то, что в ее основании залегают скальные породы, которые благоприятны для строительства

гравитационных конструкций. При строительстве причалов такого типа на слабых грунтах требуется особенно точно соблюдать технологию. На р.Белой из-за узости судового хода набережную уголкового профиля пришлось переносить с русла, сложенного гравийно-галечниковыми грунтами, в сторону берега, состоящего из суглинки, супеси тугопластичной и пластичной консистенции, имеющих  $\varphi=5^\circ$ ;  $C=0,015$  МПа.

Для обеспечения устойчивости причальной набережной в виде уголковой стенки и склона на протяжении 140 м намечалось заменить залегающие в основании суглинки гравийно-галечниковыми грунтами, для чего потребовалось отрыть котлован глубиной 4...5 м. Поскольку склон был близок к предельному равновесию, при создании котлована намечалась срезка его небольшие участками длиной 20...25 м с тем, чтобы с учетом трения по боковым поверхностямдвигаемого массива он оставался устойчивым.

Сочетание неблагоприятных факторов: отступление строителями от принятого в проекте производства работ (был отрыт котлован сразу на всю длину – 150 м) и выпавшие ливневые дожди привели к оползнию берегового склона.

Оползневые деформации появились в виде ступенчатых трещин (глубиной до 1,7 м) в верхней части склона, некоторого подъема в средней части и заполнение открытого котлована суглинком текучей консистенции на толщину 1,5 м. Горизонтальные смещения поверхности составили от 0,3 м в верхней части склона до 3,5 м – в нижней части. На этом участке набережную вынуждены были переместить в русло реки, установив ее на гравийно-галечниковое основание, создав упорную призму шириной 8 м. Это мероприятие обеспечило устойчивость всего склона. Причиной аварийной ситуации на данной набережной стали нарушения при производстве работ усугубленные факторами окружающей среды [1].

Кроме вышеперечисленных факторов на несущую способность причальных набережных в процессе эксплуатации влияют факторы окружающей среды. Агрессивное воздействие этих факторов может привести к полной потере несущей способности причальной набережной. К факторам окружающей среды, влияющим на речные причальные набережные, относятся: ледовое воздействие, изменение границ мерзлоты при строительстве причалов в особо суровых условиях, напор грунтовых вод, климатические условия района, воздействие вод акватории, грунтовых, сточных вод, состав окружающей среды в районе порта, воздействие блуждающих токов и токов утечки, складированные грузы и грунты основания.

В 1965 г. ЛИВТом были проведены исследования Ульяновского порта, вызванные необходимостью установления причины возникновения поперечных трещин в шпунтовых сваях. Набережная Ульяновского порта была построена в 1956 г. Высота набережной 9,15 м, выполнена из занкерованного металлического шпунта Ларсен IVн, забитого в суглинистые грунты на глубину 6,55 м. Суглинистые грунты впереди стенки закрыты песчаной отсыпкой толщиной 2 м. Пазуха набережной засыпана среднезернистым песком.

Исследования показали, что появление трещин было вызвано давлением грунтовой воды, созданного падением уровней водохранилища. Разница в уровнях воды в акватории и за стенкой достигла 3–3,5 м при сработке уровня водохранилища на 5,5 м.

Неучтенное давление воды и размыв дна у стенки винтами судов стали причиной возникновения в шпунтовых сваях напряжения, превышающего расчетные величины сопротивления, стали (2400 кг/см<sup>2</sup>), близкие к пределу текучести. Так как шпунт был прокатан из хрупкой и хладоломкой стали, при перенапряжении в нем возникли трещины.

Интенсивность коррозии металлов в шпунтовых сваях в среднем составила 0,06...0,12 мм, а на участке перегрузки соли – 0,16...0,28 мм в год [1].

Нарушения правил эксплуатации и перегрузка причалов часто приводят к возникновению аварийных ситуаций на причалах. Причем следует особо отметить, что эффект «наследственности», наблюдаемый у тонких подпорных стенок, приводит к тому, что напряжения, создающиеся в элементах конструкции при приложении нагрузки, сохраняются при её удалении. При снятии нагрузки верх стенки смещается в обратном направлении обычно не более чем на 0,05–0,15 см. Этот факт свидетельствует о необходимости особого контроля за соблюдением допустимых нагрузок больверков в период эксплуатации.

Соблюдение условий эксплуатации, защита конструкции от агрессивного воздействия окружающей среды и более точное определение сроков проведения обследований и ремонтных работ позволят не только сократить число аварийных ситуаций на причальных набережных, но и увеличить срок службы и обеспечить достаточную несущую способность причалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бик Ю.И. Оценка надежности гидротехнических сооружений : учеб. пособие / Ю.И. Бик, М.А. Щербинина ; М-во трансп. Рос. Федерации, ФГОУ ВПО "НГАВТ". - Новосибирск : НГАВТ, 2005. - 122 с. - ISBN 5-8119-0248-4.
2. Щербинина М. А. Изменение несущей способности причальных набережных вследствие воздействия окружающей среды: специальность 05.22.19 "Эксплуатация водного транспорта, судовождение": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Щербинина Марина Александровна. – Новосибирск, 2004. – 193 с. – EDN NMTNET.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

*Аварии, причальные сооружения.**Щербинина Марина Александровна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»**Пахомов Евгений Александрович, кандидат медицинских наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»**630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## REFERENCES

1. Bik Yu.I. Assessing the reliability of hydraulic structures: textbook / Yu.I. Bik, M.A. Shcherbinina; M-transp. Ross. Federation, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "NGAVT". - Novosibirsk: NGAVT, 2005. - 122 p. - ISBN 5-8119-0248-4.
2. Shcherbinina M.A. Change in the bearing capacity of berth embankments due to environmental influences: specialty 05.22.19 "Operation of water transport, navigation": dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Shcherbinina Marina Aleksandrovna. – Novosibirsk, 2004. – 193 p. – EDN NMTNET.

## МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСЧЕТА ГЛУБИНЫ И ШИРИНЫ ОТКРЫТОГО БЕЗНАПОРНОГО КАНАЛА ПО ЗАДАНЫМ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Н.В. Голышев, С.В. Моторин, Д.Н. Голышев**

### METHODOLOGICAL SUPPORT FOR CALCULATING THE DEPTH AND WIDTH OF AN OPEN UN-PRESSURIZED CHANNEL ACCORDING TO SPECIFIED HYDROLOGICAL PARAMETERS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**N.V. Golyshev** (Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Prof. of the Department «Information System's» of SSUWT)

**S.V. Motorin** (Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department «Information System's» of SSUWT)

**D.N. Golyshev** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department «Information System's» of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article considers in detail the methodology of hydraulic calculations aimed at determining the depth and width of an open channel according to specified technical parameters based on the requirements for ensuring the navigable condition of inland waterways including an open channel. The classification of tasks based on the available initial data is carried out. The basic requirements for the software model of the system for calculating hydraulic characteristics are defined. The main task is to create conditions for increasing the efficiency of the work of a practical maintenance engineer, improving the visualization process of calculation results, and its interactivity.

**Keywords:** Methodology, calculation, task, structure, hydrological parameters, program, automation.

В статье подробно рассмотрена методика проведения гидравлических расчетов, направленная на определение глубины и ширины открытого канала по заданным техническим параметрам на основе требований к обеспечению судоходного состояния внутренних водных путей, включающих открытый канал. Проведена классификация задач на основе имеющихся исходных данных. Определены основные требования к программной модели системы для расчета гидравлических характеристик. Основная задача создание условий для повышения эффективности труда практического инженера эксплуатационника, улучшение процесса визуализации результатов расчета, его интерактивности.

Гидравлический расчет в практической деятельности вопрос хорошо "исхоженный", однако данный процесс достаточно трудоемок, отсутствует четкая формализация всех шагов, которая должна быть единой для всех участников такого вида деятельности. В России принята широкомасштабная стратегией развития судоходства [1], что и неудивительно, число рек первой величины на территории и России более 10, а число открытых каналов разных типов около 115 [2]. Переброска грузов на Север, и использование его как магистрального, крайне выгодно, особенно если учесть, что Россия буквально пронизана реками, текущими с Юга на Север! При этом практически все значимые каналы расположены только в европейской части страны. А как же с Сибирью? Можно надеяться, что рано или поздно и в Сибири процесс пойдет, а к нему надо быть готовым. В частности, иметь методическое обеспечение процесса расчета, глубокая автоматизация всех сторон как проектной, так и эксплуатационной деятельности специалистов гидротехников, проектировщиков и путейцев.

Одним из недостатков, "медлительности", процесса автоматизации практической стороны модернизации ситуации на внутренних водных путях – отсутствие надлежащего контакта между инженером гидротехником и специалистом в области информационных систем. Очевидно, что имеет место не только особенности области как таковой, но и большой отрыв программиста от понимания всей цепочки процесса расчета. Для этого программисту нужно влезть в "шкуру" проектировщика, прочувствовать все нюансы, т.е. составить, по сути, карту действий инженера-гидротехника, а значит разработать методику расчета. Именно эту задачу, в меру понимания поставленной проблемы, мы и взяли на себя, поставив в качестве глобального результата разработку информационной системы для гидротехников.

Основные задачи определения глубины и ширины канала

Известно, что равномерное движение воды в открытых каналах характеризуется шестью параметрами:  $Q$  – пропуск расчетного расхода воды,  $l$  – уклоном,  $b$  – шириной канала,  $h$  – глубиной канала,  $n$  – коэффициент шероховатости,  $m$  – заложенность откоса. Для однозначного решения проблемы нахождения неизвестных параметров, в нашем случае глубины и ширины канала, необходимо знать пять оставшихся параметров. Будем считать, что  $n$  и  $m$ , известны. Для наглядности решаемых задач, в таблице 1 отображены известные величины и величины, которые необходимо определить.

Таблица 1 – Основные задачи

№ Задачи	Найти	Известные величины				
1	$h$	$Q$	$i$	$n$	$m$	$b$
2	$b$	$Q$	$i$	$n$	$m$	$h$
3	$h$ и $b$	$Q$	$i$	$n$	$m$	$\beta$
4	$h$ и $b$	$Q$	$i$	$n$	$m$	$v$

1. Методика расчета глубины воды  $h$  в канале при известных величинах: пропуске расчетного расхода  $Q$ ,  $l$ ,  $b$ , ( $m$  и  $n$ ).

Непосредственным использованием уравнения  $Q = \omega \cdot C \sqrt{RI}$  данная задача не решается, так как при неизвестной глубине потока не могут быть определены  $\omega$ ,  $C$  и  $R$ , входящие в уравнение. Поэтому она может быть решена только путем подбора, методом последовательного приближения, при этом используются зависимости для расходной характеристики [3]:

$$K = \omega C \sqrt{R}, \quad \text{или} \quad K = \frac{Q}{\sqrt{I}}.$$

Ход решения №1.

1. Находим модуль расхода, этот модуль будем называть необходимым и обозначим через  $K_0$ , очевидно,  $K_0 = \frac{Q}{\sqrt{I}}$ .

2. Составляем таблицу 2, в которой зададимся рядом произвольных значений  $h_1, h_2, \dots, h_n$  (не менее 3–5) и вычисляя соответствующие им значения расходных характеристик  $K_1, K_2, \dots, K_n$ .

3. По данным 1-й и 10-й строк таблицы 2 строим график  $K = f(h)$  (рис.1а).

4. По графику, зная требуемую расходную характеристику  $K_0$ , находим искомую величину  $h$  (рисунок 1а) [4-5].

2. Методика расчета ширины канала  $b$ , при известных величинах  $Q$ ,  $l$ ,  $h$ , ( $m$  и  $n$ )

Решается аналогично, как и задача 1, методом подбора, но в данном случае строиться кривая  $K = f(b)$ .

Ход решения №2.

1. Находим необходимый модуль расхода  $K_0 = \frac{Q}{\sqrt{I}}$ .

2. Составляем таблицу 3, в которой задаемся рядом произвольных значений  $b_1, b_2, \dots, b_n$  (не менее 3-5) и вычисляя соответствующие им значения расходных характеристик  $K_1, K_2, \dots, K_n$ .

3. По данным 1-й и 8-й строк таблицы 3 строим график  $K = f(b)$ .

4. По графику, зная требуемую расходную характеристику  $K_0$ , находим искомую величину  $b$  (рисунок 2б) [4].

Таблица 2 – Нахождение величин по расчетным формулам

№ строки	Величина или расчетная формула	Единица измерения	Задаваемые и найденные численные значения				Примечания
			$h_1$	$h_2$	$h_3$	...	
1	$h$	$м$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	...	
2	$mh$	$м$	...	...	...	...	$m = \dots$
3	$b + mh$	$м$	...	...	...	...	$b = \dots$
4	$\omega = (b + mh)h$	$м^2$	...	...	...	...	
5	$h(2\sqrt{1+m^2})$	$м$	...	...	...	...	$2\sqrt{1+m^2} = \dots$
6	$\chi = b + h(2\sqrt{1+m^2})$	$м$	...	...	...	...	
7	$R = \omega \div \chi$	$м$	...	...	...	...	
8	$c$	$\sqrt{\frac{м}{с^2}}$	...	...	...	...	По формуле... при $n = \dots$
9	$\sqrt{R}$	$\sqrt{м}$	...	...	...	...	
10	$K = \omega C \sqrt{R}$	$м^3/с$	...	...	...	...	

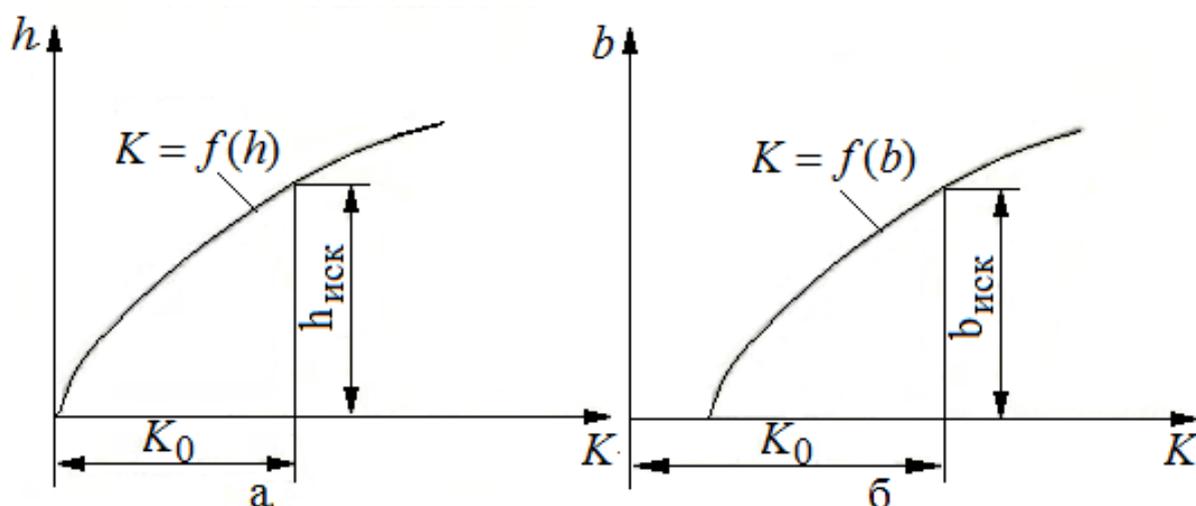


Рисунок 1 – Графики связи:  
а)  $K = f(h)$ ; б)  $K = f(b)$

Таблица 3 – Нахождение величин по расчетным формулам

№ строки	Величина или расчетная формула	Единица измерения	Задаваемые и находимые численные значения				Примечания
			$b_1$	$b_2$	$b_3$	...	
1	$b$	$m$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	...	
2	$b + mh$	$m$	...	...	...	...	$m = \dots;$ $mh = \dots$
3	$\omega = (b + mh)h$	$m^2$	...	...	...	...	$h = \dots$
4	$\chi = b + h(2\sqrt{1 + m^2})$	$m$	...	...	...	...	$2\sqrt{1 + m^2} = \dots$
5	$R = \omega \div \chi$	$m$	...	...	...	...	
6	$c$	$\sqrt{\frac{m}{c^2}}$	...	...	...	...	По формуле... при $n = \dots$
7	$\sqrt{R}$	$m$	...	...	...	...	
8	$K = \omega C \sqrt{R}$	$m^3/c$	...	...	...	...	

Глубину потока при равномерном движении принято называть нормальной глубиной, и в отличие от любой случайной глубины (при неравномерном движении), обозначать с индексом 0. Таким же индексом обозначаются соответствующие нормальной глубине расход  $Q_0$ , расходная характеристика  $K_0$ , площадь живого сечения  $\omega_0$ . Однако в практике гидравлического расчета каналов, данный индекс часто опускают, для упрощения записи.

3. Методика расчета глубины и ширины канала при известных величинах  $Q, I, \beta, (m \text{ и } n)$   
Ход решения №3.

1. Находим необходимый модуль расхода  $K_0 = \frac{Q}{\sqrt{I}}$ .

2. Составляем таблицу по форме таблицы 1, дополняя ее одной строкой  $b = \beta h$ . В этой таблице задаемся рядом произвольных значений  $h_1, h_2, \dots, h_n$  и затем в дополнительной строке, вычисляем соответствующие значения  $b_1, b_2, \dots, b_n$ , после этого вычисляем соответствующие значения  $K_1, K_2, \dots, K_n$ .

3. Строим график  $K = f(h)$ .

4. Используя полученные данные, по графику находим искомую глубину  $h_0$ .

5. Зная  $h_0$ , определяем  $b$  ( $b = \beta h$ ).

4. Методика расчета для нахождения глубины и ширины канала при известных величинах  $Q, I, v, (m \text{ и } n)$

Ход решения №4.

1. Вычисляем величину  $\omega$  и модуль скорости  $W$ .

$$\omega = \frac{Q}{v} = A \quad (\text{обозначение});$$

$$N = \frac{v}{\sqrt{i}} = B \quad (\text{обозначение}).$$

2. Выписываем систему из двух уравнений с двумя неизвестными:

–  $\omega = (b + mh)h = f_1(b, h);$

–  $W = C\sqrt{R} = f_2(b, h);$

Эта система двух уравнений может быть представлена в виде:

$$\begin{cases} (b + mh)h = A \\ C\sqrt{R} = B \end{cases},$$

где  $A$  и  $B$  известные числа.

1. Искомые величины находим, решая указанную систему уравнений с неизвестными  $b$  и  $h$  (путем подбора или графически).

Структура программного обеспечения вычисления искомых характеристик

В ходе работы была составлена следующая структура программного обеспечения системы расчета и анализа параметров открытых каналов (рис.3). Модуль расчета гидравлических параметров каналов, начинает вычисления после введения пользователем исходных данных. Исходные данные вводятся в соответствии с задачей. После проделанных вычислений модуля происходит отображение выходных данных. На основании результатов модуль строит график поперечного сечения открытого канала. Базовой средой реализации программной части выбрана среда MATLAB [6].

Особенность данного модуля состоит в том, что пользователю достаточно ввести исходные данные, соответствующие его задачи, модуль проделает расчет и выведет результат на экран, а также отобразит график поперечного сечения канала. После проведения анализа результатов, данные расчеты можно сохранить.

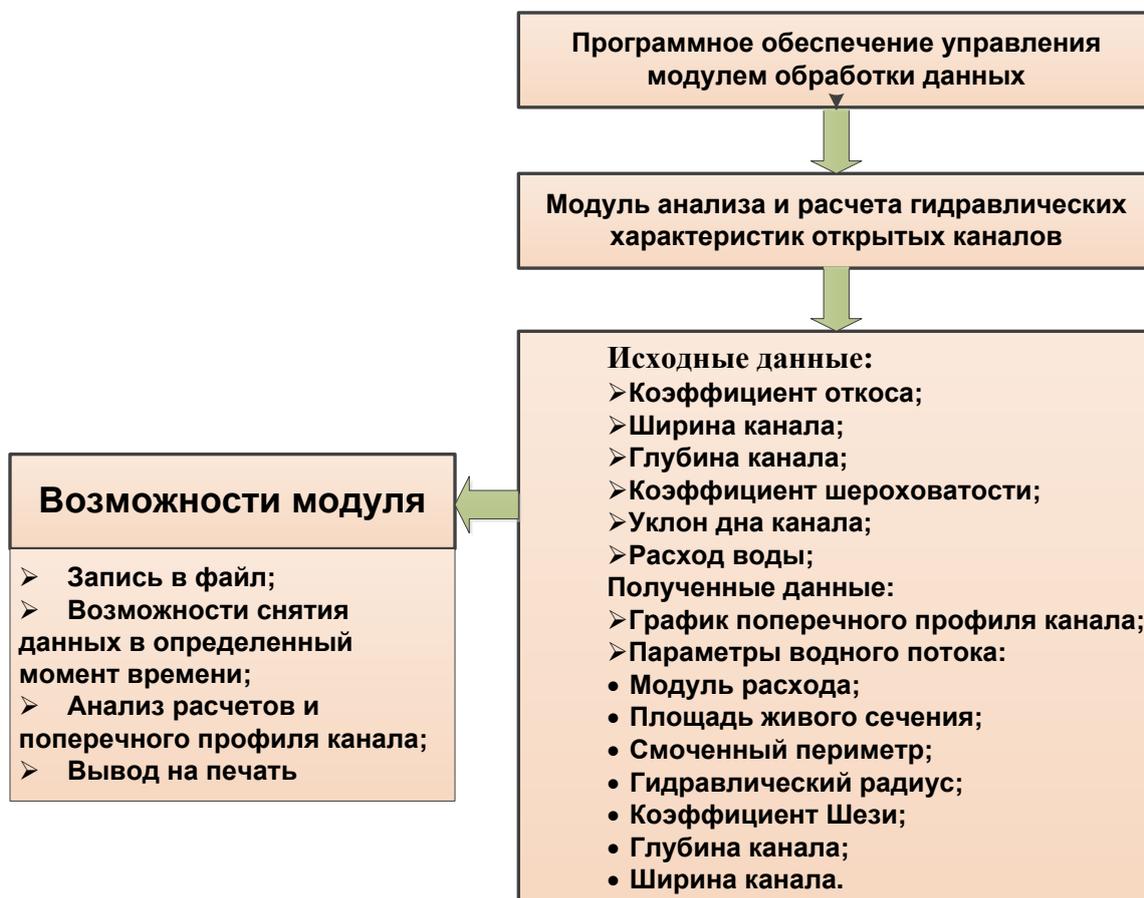


Рисунок 2 – Структура программного обеспечения системы

В работе рассмотрены методики и алгоритмы расчета гидравлических параметров открытых каналов, четыре задачи, что является необходимым условием для дальнейшей разработки информационной системы и ее программной реализации. В заключении разработана структура программного обеспечения разрабатываемой системы, в которой описаны, какие исходные данные нам необходимы для расчетов задач, что получим на выходе после проделанных модулем вычислений, какие возможности присутствуют у данного модуля.

Предложено разработать информационную систему, которая избавит инженера от трудоемкого процесса расчета и случайных ошибок, связанных с человеческим фактором, и будет полезна студентам соответствующих специальностей.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Стратегия развития судостроения и судоходства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://morvesti.ru/analitika/1692/93331/>, свободный.
2. Список каналов России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_canals\\_in\\_Russia](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_canals_in_Russia), свободный.
3. Рабкова, Е.К. Проектирование и расчет оросительных каналов в земляном русле [Электронный ресурс] / Е.К. Рабкова. – Режим доступа: <http://www.cawater-info.net/library/rus/hist/rabkova/pages/001.htm>, свободный.
4. Чугаев Р.Р. Гидравлика [Текст] Учебник для вузов-6-е изд., репринтное. / Р. Р. Чугаев.- М.: Издательский Дом «БАСТЕТ», 2013. - 672с.;ил.
5. Справочник по гидравлическим расчетам [Текст]: справочник/ П.Г. Киселев, А.Д. Альтшуль, Н.В. Данильченко и др.; под ред. П.Г. Киселева. – М.: «Энергия», 1974. – 312 с.
6. Система MATLAB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://matlab.ru/products/matlab>, свободный.

**REFERENCES**

1. Strategy for the development of shipbuilding and shipping [Electronic resource]. – Access mode: <https://morvesti.ru/analitika/1692/93331/>, free.
2. List of channels in Russia [Electronic resource]. – Access mode: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_canals\\_in\\_Russia](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_canals_in_Russia), free.
3. Rabkova, E.K. Design and calculation of irrigation channels in the earth bed [Electronic resource] / E.K. Rabkova. – Access mode: <http://www.cawater-info.net/library/rus/hist/rabkova/pages/001.htm>, free.
4. Chugaev R.R. Hydraulics [Text] Textbook for universities- 6th ed., reprint. / R. R. Chugaev.- M.: Publishing House "BASTET", 2013. - 672s.;ill.
5. Handbook of hydraulic calculations [Text]: handbook/ P.G. Kiselyov, A.D. Altshul, N.V. Danilchenko and others; edited by P.G. Kiselyov. – M.: "Energy", 1974. – 312 p.
6. The MATLAB system [Electronic resource]. – Access mode: <https://matlab.ru/products/matlab>, free.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Методика, расчет, задача, структура, гидрологические параметры, программа, автоматизация*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Гольшев Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор каф. «Информационных систем» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Моторин Сергей Викторович, доктор технических наук, с.н.с., зав. кафедрой «Информационных систем» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Гольшев Дмитрий Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент каф. «Информационных систем» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

---

# СБОР АППАРАТНОЙ ЧАСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО БУЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ «ARDUINO» И ОБЗОР НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ОТДЕЛЬНЫХ СЕГМЕНТОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

И.Ю. Линевич, А.А. Приваленко

## ASSEMBLING THE HARDWARE OF A RADIO TECHNICAL BUOY BASED ON ARDUINO MICRO CONTROLLERS AND REVIEWING FIELD TESTS OF INDIVIDUAL SEGMENTS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

I.Y. Linevich (Senior Lecturer of SSUWT)

A.A. Privalenko (Assoc. Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** The extensive database of Arduino microcontrollers allows you to create a radio engineering complex for monitoring hydrometeorological conditions, one of the main advantages of which is its compact size, which allows you to place the proposed complex in a housing developed on the basis of an emergency rescue buoy.

**Keywords:** Radio engineering complex, program code, hydrometeorology, analysis of meteorological data.

Обширная база микроконтроллеров «Arduino» позволяет создать радиотехнический комплекс мониторинга гидрометеорологических условий, одним из основных преимуществ которого является компактный размер, что позволяет разместить предлагаемый комплекс в корпусе, разработанном на базе аварийно-спасательного буйа.

Введение. Судно, находящееся в пограничном слое атмосферы и моря, непрерывно подвергается воздействиям гидрометеорологических условий, которые влияют как на безопасность плавания, так и на сохранность перевозимых грузов. В настоящее время, для прокладки оптимального маршрута перехода судна с учетом гидрометеорологических условий, используют факсимильные карты. Такие карты разрабатываются метеорологическими службами и передаются на судно посредством факсимильной аппаратуры и спутниковым сегментом, через интернет. При этом, судоводителю необходимо самостоятельно спрогнозировать погодные условия на период перехода. В случае неправильного составления прогноза, или отсутствия оперативных данных об изменении погодных условий от метеорологических служб, возникают различные риски, связанные с неблагоприятным влиянием гидрометеорологических условий на судно. Предложенный проект радиотехнического буйа позволит оперативно получить точную информацию о погодных условиях в реальном времени, и даст возможность судоводителю своевременно отреагировать на изменения погоды и выбрать безопасный маршрут.

В данной статье представлена посегментная сборка аппаратной части радиотехнического комплекса и дан обзор натурных испытаний отдельных сегментов многофункционального устройства.

Главным сегментом радиотехнического комплекса является микроконтроллер «Arduino Mega 2560», представлена на рисунке 1.

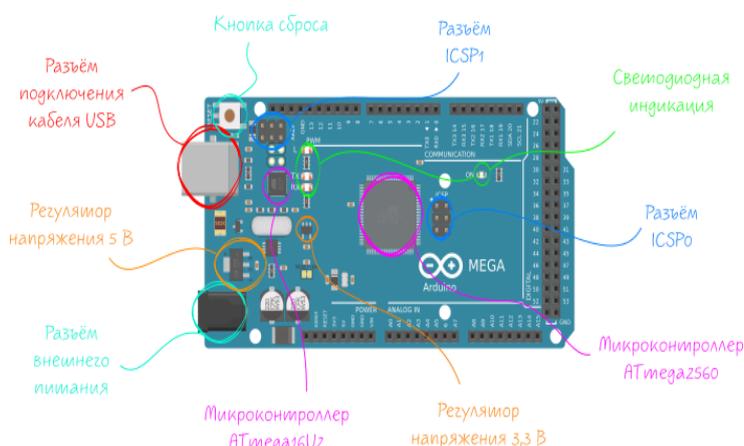


Рисунок 1 – Элементы микроконтроллера «Arduino Mega 2560»

Выбор данного микроконтроллера был основан на удобном расположении пинов и контактов микросхемы, а также функциональных возможностях [1], [10], – подключении всех необходимых сегментов предлагаемого комплекса.

Первый измерительный сегмент комплекса – датчик температуры и влажности воздуха. Цифровой датчик «DHT11» [2], предназначен для измерения относительной влажности и температуры окружающей среды. Датчик состоит из двух основных частей – ёмкостного датчика влажности и термистора. Основные характеристики датчика: цифровой интерфейс, температура от 0 до 50 °C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ), влажность от 20 до 90 % ( $\pm 5\%$ ), питание 3 ~ 5 В (VDD), размер 23x12 мм. Схема подключения датчика представлена на рисунке 2.

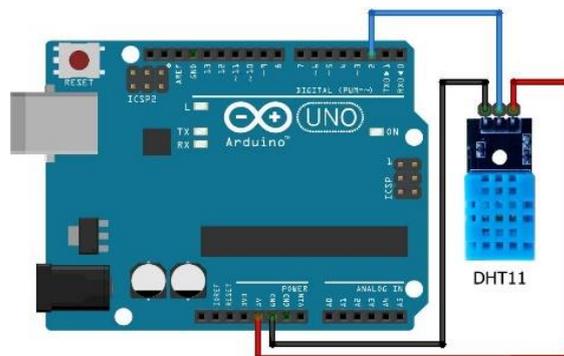


Рисунок 2 – Схема подключения датчика температуры «DHT11» к «Arduino Mega 2560»

После сборки сегментов необходимо подключить плату к компьютеру посредством кабеля USB и запустить среду разработки Arduino IDE. Скetch [4],[7], представленный на рисунке 3, необходимо записать на микроконтроллер через загрузки библиотеки и сохранить.

```
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2 //
//
DHT dht(DHTPIN, DHT22); //
//DHT dht(DHTPIN, DHT11);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
}
void loop() {
  delay(2000); //
  float h = dht.readHumidity(); //
  float t = dht.readTemperature(); //
  if (isnan(h) || isnan(t)) { //
    Serial.println("Ошибка считывания");
    return;
  }
  Serial.print("Влажность: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %\t");
  Serial.print("Температура: ");
  Serial.print(t);
  Serial.println(" *C "); //
}
```

Рисунок 3 – Скetch для измерения данных

По завершению загрузки в память микроконтроллера (при последующем запуске) будет выполнено считывание данных с датчика. Для просмотра значений необходимо запустить «монитор порта» из меню «Инструменты», пример представлен на рисунке 4.

Для проверки работоспособности системы был проведен эксперимент. Датчик был помещен из теплой в более холодную среду, при этом отслеживались изменения показаний

датчика. Мониторинг показал, что, если при запотевании уровень влажности увеличивается – значит, датчик работает исправно. Датчик подвергся воздействию направленного воздушного потока – влажность уменьшилась, и температура вернулась в норму.

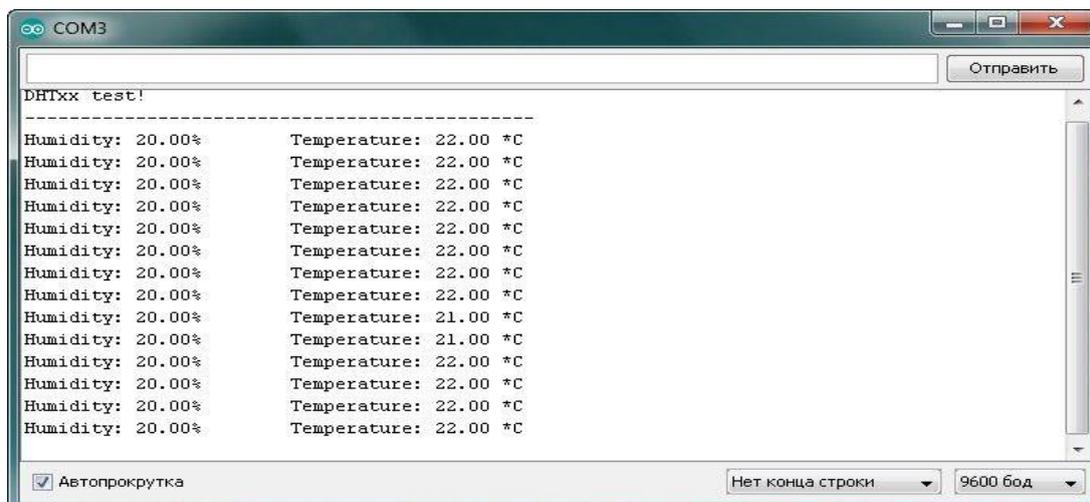


Рисунок 4 – Вывод данных с датчика температуры «DH11»

Второй измерительный сегмент комплекса – датчик температуры воды «DS18B20» [3], схема подключения представлена на рисунке 5.

Датчик температуры «DS18B20» обеспечивает измерение температуры с разрешением от 9 до 12 бит. «DS18B20» передает данные по шине 1 Wire. Диапазон измеряемых температур от  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ , с погрешностью  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  в диапазоне от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ . Датчик помещен в гильзу из нержавеющей стали и залит компаундом, также используется специальный мягкий силиконовый компаунд для защиты электронных изделий в условиях повышенной влажности в интервале температур  $-60..+200^{\circ}\text{C}$ . Помимо этого, используется термостойкий кабель с изоляцией из силиконовой резины, который применяется при температурах  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+180^{\circ}\text{C}$ . Кабель обладает защитой от УФ-лучей, стойкостью к озону и кислороду, искусственному свету, атмосферным осадкам, а также сохраняют свои свойства при низких температурах.

С учетом необходимости получения информации о температуре воды в зависимости от глубины, принято решение установить несколько подобных датчиков. Датчик подключается к любому цифровому пину основной платы с учетом того факта, что пин должен быть подведен к питанию резистора 4.7 кОм. На один пин можно подключить несколько датчиков «DS18B20», схема подключения представлена на рисунке 5.

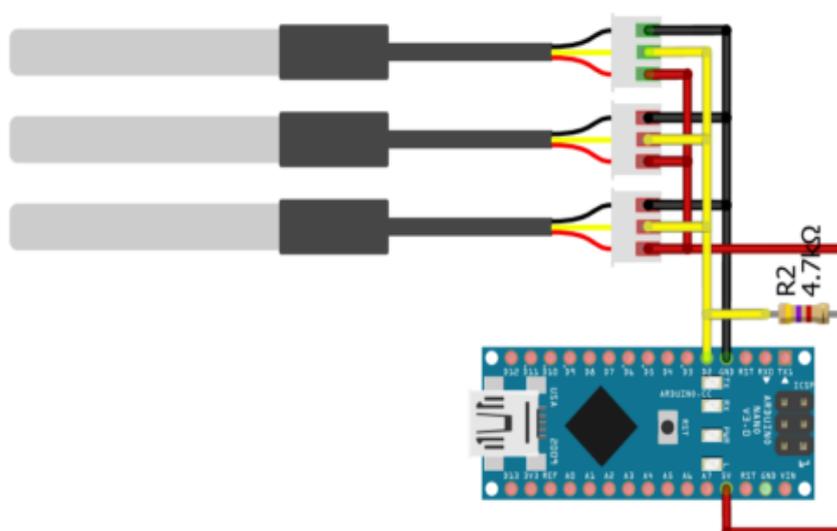


Рисунок 5 – Схема подключения нескольких датчиков «DS18B20»

Получение данных о температуре делится на два этапа – запрос и получение данных [8], [9]. Запрос производится функцией «requestTemp()» [10]. После получения запроса датчик начинает измерение температуры, которое длится от 90 мс до 750 мс, в зависимости от настроенной точности (по умолчанию точность максимальная, преобразование длится 750 мс). Если проверить результат измерения температуры до окончания преобразования – датчик вернёт результат предыдущего измерения, поэтому в примерах используется задержка или опрос по таймеру на 1 секунду. Получить температуру можно при помощи команды «getTemp() [float]» или «getTempInt() [int]». Если принятые данные повреждены или датчик отсутствует на линии – функция вернёт предыдущее успешно прочитанное значение температуры. Стоит учесть, что при повторных вызовах «getTemp()» не запрашивает с датчика новую температуру (долгое выполнение функции), вместо этого она просто возвращает предыдущий результат до тех пор, пока не будет сделан новый запрос «requestTemp()».

Точность измеряемой температуры датчиком считаем удовлетворительной, поскольку при сравнении с цифровым термометром окружающей температуры в комнате разница составила 0,2 градуса по Цельсию.

Третий измерительный сегмент комплекса – это многофункциональный модуль «GY-91» для использования в системах, где необходимо учитывать ориентацию в пространстве, содержит встроенный гироскоп, акселерометр и барометр [3]. Обусловленность использования модуля, объясняется необходимостью обработки данных движения объекта (боя) по таким параметрам, как линейное ускорение, угловое ускорение и магнитный север.

Выбор именно «GY-91» обусловлен его небольшими габаритами, что позволяет сэкономить место в готовом устройстве (боя), а также снизить его конечную стоимость.

Модуль «GY-91» делиться на два сенсора, «MPU-9250» представлен на рисунке 6

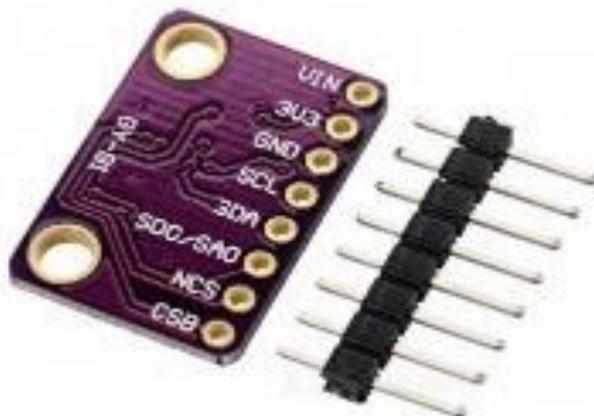


Рисунок 6 – Сенсор «MPU-9250»

Результаты измерений модуля «GY-91» представлены на рисунке 7.

В проекте радиотехнического комплекса данный модуль фиксирует важный параметр – атмосферное давление, благодаря чему становится возможным прогнозировать погодные условия.

Результаты экспериментальной сборки радиотехнического комплекса с использованием предложенных сегментов, а также обработка полученных данных [3],[2] позволяют сделать следующий вывод: обращение микропроцессора к датчикам и дополнительным устройствам, преобразование сигналов от платы и их передача через удобный пользовательский интерфейс позволяют получить гидрометеорологические данные от радиотехнического комплекса. Однако, для эксплуатации готового боя, необходимо решить задачу по разработке удобного интерфейса для вывода данных, а также такие задачи как автономность питания боя и дистанционной передачи данных пользователю (когда буй находится в водной среде).

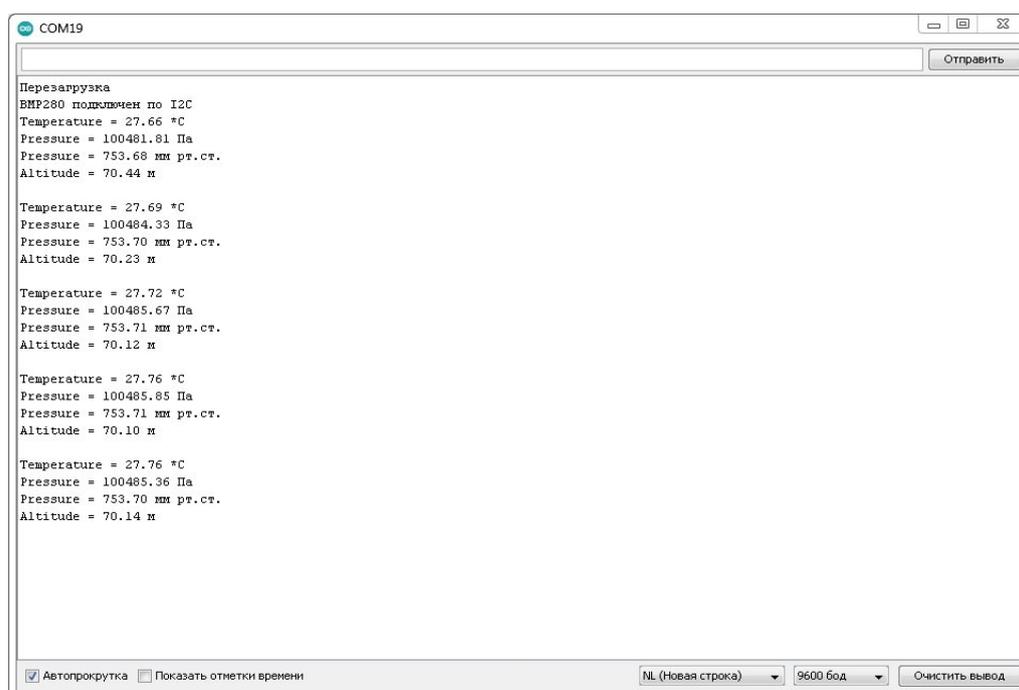


Рисунок 7 – Результаты измерений модуля «GY-91»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ARDUINO: Петин В. А., Биняковский А. А. ; Москва; 2-Е Изд., Доп. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 166 С., ISBN 978-5-97060-798-5– Текст: Непосредственный.
2. Изучаем Ардуино: Инструменты И Методы Технического Волшебства: Блум Джерими / Пер. С Англ. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2015. – 305 С., ISBN 978-5-9775-3585-4 Текст: Перевод С Оригинала.
3. Проекты С Использованием Контроллера Arduino: Петин В. А. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2014. — 400 С.: Ил. — (Электроника), ISBN 978-5-9775-3337-9 Текст: Непосредственный.
4. Програмируем Arduino. Профессиональная Работа Со Скetchами: Монк Саймон / Пер. С Англ. — Санкт-Петербург: ООО Издательство "Питер", 2017. – 267 С., ISBN 978-5-496-02385-6 Текст: Перевод С Оригинала.
5. C++ для начинающих. Шаг за шагом: Шилдт Герберт / Пер. С Англ. — Финогенов Кирилл Григорьевич: Издательство "ЭКОМ Паблшерз", 2013. – 640 С., ISBN 978-5-9790-0127-2, Текст: Перевод С Оригинала.
6. Язык программирования C++. Лекции и упражнения: Прата Стивен / Пер. С Англ. — Корниенко Ю. И., Моргунова А. А.: Издательство "Диалектика-Вильямс", 2018. – 1244 С., ISBN 978-5-907114-00-5, Текст: Перевод С Оригинала.
7. Объектно-ориентированное программирование в C++. Классика Computer Science | Лафоре Роберт: Издательство "Питер", 2022. – 928 С., ISBN 978-5-4461-0927-2, Текст: Оригинал.
8. Программирование на Python в примерах и задачах: Васильев Алексей Николаевич: Издательство "Бомбора", 2022. – 616 С., ISBN 978-5-04-103199-2, Текст: Оригинал.
9. Дизайн и эволюция C++: Прата Стивен / Пер. С Англ.: Издательство " Бьерн Страуструп", 2016. – 446 С., ISBN 78-5-97060-419-9, 978-0-201-54330-8, Текст: Перевод С Оригинала.
10. ARDUINO от азов программирования до создания практических устройств | Белов А. В.: Издательство " Наука и техника", 2018. – 480 С., ISBN 7 978-5-94387-884-8, Текст: Оригинал.

1. ARDUINO PRACTICAL ENCYCLOPEDIA: Petin V. A., Binyakovsky A. A. ; Moscow; 2nd Ed., Dop. – M.: DMK Press, 2020. – 166 P., ISBN 978-5-97060-798-5– Text: Direct.
2. Learning Arduino: Tools And Methods Of Technical Magic: Bloom Jeremy / Trans. From Eng. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2015. – 305 P., ISBN 978-5-9775-3585-4 Text: Translated From The Original.
3. Projects Using The Arduino Controller: Petin V. A. — St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2014. — 400 P.: Ill. — (Electronics), ISBN 978-5-9775-3337-9 Text: Direct.
4. Programming the Arduino. Professional Work With Sketches: Monk Simon / Trans. From Eng. — St. Petersburg: Publishing House "Peter", 2017. – 267 P., ISBN 978-5-496-02385-6 Text: Translated From The Original.
5. C++ for beginners. Step by step: Schildt Herbert / Trans. From Eng. — Finogenov Kirill Grigorievich: Publishing House "ECOM Publishers", 2013. – 640 P., ISBN 978-5-9790-0127-2, Text: Translated From The Original.
6. C++ programming language. Lectures and exercises: Stephen Prata / Trans. From Eng. — Kornienko Yu. I., Morgunova A. A.: Dialectics-Williams Publishing House, 2018. – 1244 P., ISBN 978-5-907114-00-5, Text: Translated From The Original.
7. Object-oriented programming in C++. Computer Science Classics | Robert Laforet: Peter Publishing House, 2022. – 928 P., ISBN 978-5-4461-0927-2, Text: Original.
8. Python programming in examples and tasks: Vasiliev Alexey Nikolaevich: Bombora Publishing House, 2022. – 616 P., ISBN 978-5-04-103199-2, Text: Original.
9. Design and evolution of C++: Stephen Prata / Trans. From Eng.: Publishing House "Bjorn Stroustrup", 2016. – 446 P., ISBN 78-5-97060-419-9, 978-0-201-54330-8, Text: Translated From The Original.
10. ARDUINO from the basics of programming to the creation of practical devices | Belov A.V.: Publishing House "Science and Technology", 2018. – 480 P., ISBN 7 978-5-94387-884-8, Text: Original.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Радиотехнический комплекс, программный код, гидрометеорология, анализ метеорологических данных.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Линевиц Игорь Юрьевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ» Приваленко Алексей Александрович, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

# ОБЗОР СУДОВОДИТЕЛЬСКИХ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДАННЫХ О ВОЛНЕНИИ ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ В ШТОРМОВОМ ПЛАВАНИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.И. Сичкарёв

## AN OVERVIEW OF NAVIGATIONAL METHODS FOR OBTAINING WAVE DATA FOR SPECTRAL SHIP CONTROL TASKS IN STORMY NAVIGATION

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

V.I. Sichkarev (Doctor of Technical Sciences, Professor of SSUWT)

**ABSTRACT:** For spectral problems of storm navigation, it is necessary to specify the spectrum of an existing or predictive wave, for which it is sufficient to know the dispersion of wave ordinates or the moment of zero order  $m_0$ , the average frequency of the wave  $\bar{\omega}$ , the frequency of the maximum of the wave spectrum  $\omega_m$ . Hydrometeorological information received on ships mainly contains only data on wave heights, and the missing information on periods or frequencies of waves must be obtained from statistical information. Tabular statistical information in the form of a modern Beaufort scale and various types of analytical statistical information from Y.L. Makov, I.N. Davidan, Y.M. Krylov are considered. A method for calculating the swell parameters using the Sverdrup-Mank nomogram with a further description of the swell spectrum according to I.N. Davidan is presented.

**Keywords:** Wave spectrum, spectrum parameters, Beaufort scale, swell parameters.

Для спектральных задач штормового плавания необходимо задание спектра существующего или прогностического волнения, для чего достаточно знания дисперсии волновых ординат или момента нулевого порядка  $m_0$ , средней частоты волнения  $\bar{\omega}$ , частоты максимума спектра волнения  $\omega_m$ . Получаемая на судах гидрометеорологическая информация содержит в основном лишь данные о высотах волн, а недостающую информацию о периодах или частотах волнения необходимо получать из статистической информации. Рассмотрена табличная статистическая информация в виде современной шкалы Бофорта и различные виды аналитической статистической информации от Ю.Л. Макова, И.Н. Давидана, Ю.М. Крылова. Представлен способ расчёта параметров зыби с использованием номограммы Свердрупа-Манка с дальнейшим описанием спектра зыби по И.Н. Давидану.

Некоторые задачи штормового плавания [1], успешно решаются применением спектральных методов, для которых необходимо использовать спектральное представление волнения в его существующем или прогностическом виде. Трудями отечественных океанологов и корабелов, [2–4], [7–9], установлено, что аналитически спектр волнения от одного генератора – ветровой зоны синоптического объекта – может быть представлен через параметры: дисперсия волновых ординат  $D_\zeta$  или момент нулевого порядка  $m_0$ , среднюю частоту волнения  $\bar{\omega}$ , частоту максимума спектра волнения  $\omega_m$ . В свою очередь указанные параметры определяются через наблюдаемые параметры волнения – высоту  $h$  и период  $T$  волн определённой обеспеченности, например, средние  $\bar{h}, \bar{T}$ :

$$D_\zeta = m_0 = \int_0^\infty S_\zeta(\omega) d\omega = \frac{\bar{h}^2}{2\pi};$$

$$\bar{\omega} = \frac{2\pi}{\bar{T}}; \quad \omega_m = 0,777\bar{\omega}. \quad (1)$$

Если волнение наблюдается или замеряется с судна, то параметры волнения - средние  $\bar{h}, \bar{T}$  – определяются по результатам наблюдений и пакет данных о волнении для аналитического представления спектра –  $m_0, \bar{\omega}, \omega_m$  – определяется по (1). Если задачи управления судном нужно решить с прогностическим волнением, то в распоряжении судоводителя есть только прогностическая гидрометеорологическая информация, например, в виде факсимильных карт приземного прогноза некоторых параметров, в том числе и прогноза волнения, рисунок 1.

Несмотря на кажущуюся полноту гидрометеорологической информации, с карты прогноза волнения можно снять только высоты значительных волн и направления генерального перемещения. Сведения о периодах волнения отсутствуют, равно как и о составе волнения, т.е. о присутствии в ветровом волнении зыби.

Недостающие сведения приходится искать в статистической информации о волнении. Поскольку в своём развитии волнение претерпевает сложные изменения, условно их подразделяют на развивающееся, развитое и затухающее. Это достаточно грубое деление, но при отсутствии более точной информации приходится довольствоваться этим. Обычно принимают, что волнение развивающееся при возрасте волны  $\beta$  (отношении фазовой скорости волны  $v$  к скорости ветра  $U$ ) меньше единицы,  $\beta = \frac{v}{U} < 1$ ; развитое при  $\beta = 1$ ; затухающее при  $\beta > 1$ .

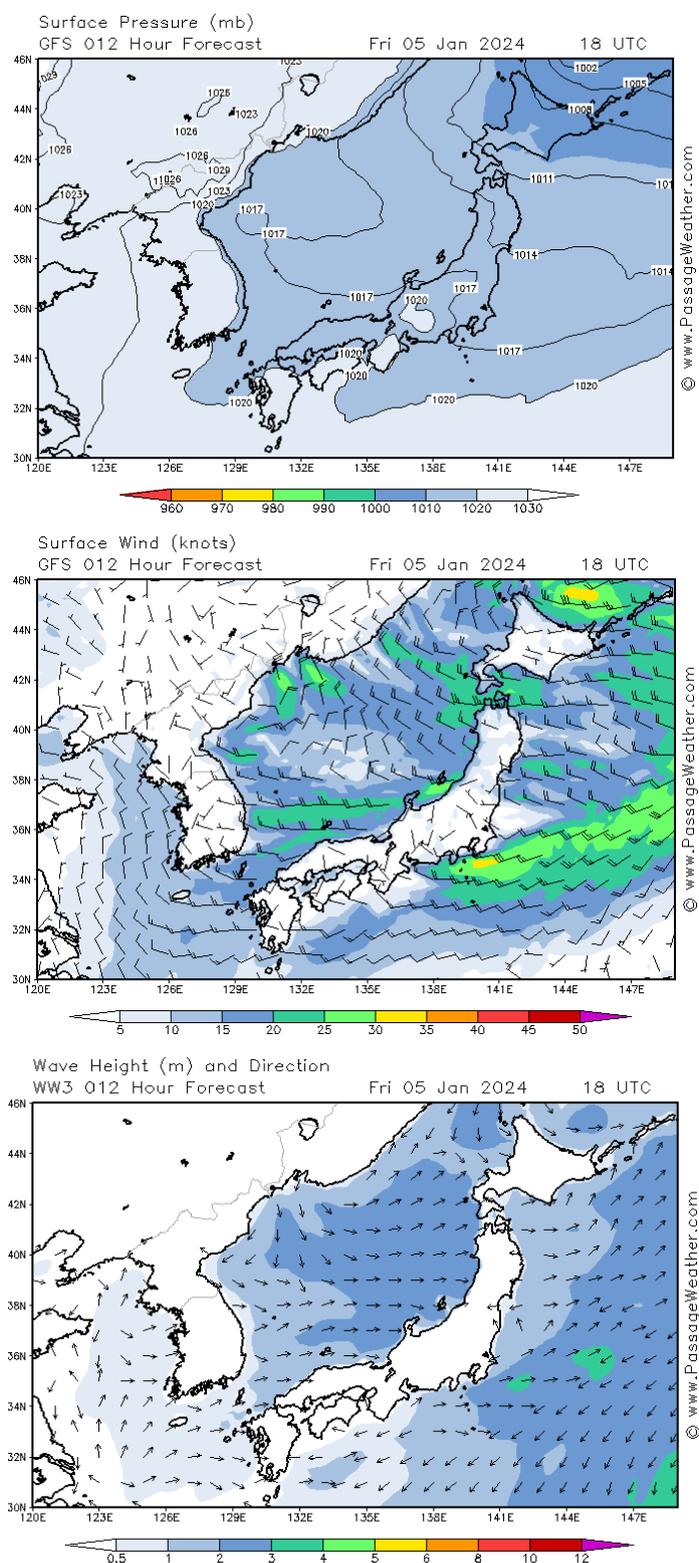


Рисунок 1 – Карты 12-часового прогноза ветра, давления и волнения с сайта [www.PassageWeather.com](http://www.PassageWeather.com) по Японскому морю

Однако, для определения фазовой скорости волнения уже нужно знать какую-нибудь кинематическую характеристику волнения, которая и оказывается искомой величиной. Поэтому важно получить нужную информацию о степени развития волнения из анализа гидрометеорологической информации (ГМИ), прежде всего из анализа барического поля циклона.

Считается, что при прохождении циклона вначале наблюдается развивающееся волнение, затем оно становится развитым и содержащим некоторую часть зыби, а в тыловой части циклона, когда ветер уменьшается, волнение становится затухающим с преимущественным содержанием зыби [2]. Этой концепции достаточно для обоснования причин появления смешанного волнения непосредственно в зоне его генерации. Однако, ГМИ позволяет более детально районировать в циклоне зоны с развивающимся, развитым и затухающим волнением.

Основные условия, необходимые для полного развития волнения, заключаются в наличии достаточного пути разгона волн и в наличии достаточного времени для разгона волн при постоянной скорости ветра по величине и по направлению, [2, 3, 4]. Невыполнение любого из этих условий не позволяет волнению достичь состояния полного развития.

Во фронтальном циклоне умеренных широт присутствуют тёплый и холодный фронт, между которыми располагается тёплая воздушная масса, и, по мере развития, появляется фронт окклюзии. Наиболее стабильное направление ветра за время движения циклона наблюдается в зоне тёплой воздушной массы, что способствует появлению в этой зоне полностью развитого волнения.

Другой зоной со стабильными сильными ветрами может оказаться зона контакта барической области циклона с антициклоном. Если антициклон малоподвижен, он блокирует продвижение циклона и в зоне их контакта формируется малоподвижная область, в которой формируется развитое волнение [5, 6].

Таким образом, статистическую информацию о волнении надо выстраивать с учётом систематизации по степени развитости волнения.

Такая информация присутствует в разных видах. Без систематизации она приведена в современной полной шкале Бофорта, [7]; в этой же работе Ю.Л. Макова она приведена в систематизированном виде:

$$\omega_m = \begin{cases} 1,86 h_{3\%}^{-0,49} & \text{для развивающегося волнения} \\ 1,50 h_{3\%}^{-0,50} & \text{для развитого волнения} \\ 1,25 h_{3\%}^{-0,48} & \text{для затухающего волнения} \end{cases} \quad (2)$$

Полная современная шкала Бофорта даёт связь параметров морского волнения, приведённую в таблице 1. Здесь предполагается, что волнение смешанное.

Таблица 1 – Параметры волнения по современной шкале Бофорта

Балл силы ветра	Скорость ветра, м/с	Балл сост. пов. моря	$h_{3\%}$ , м	$h_{1/3}$ , м	$\bar{t}$ , с	$\bar{\lambda}$ , м	Время действия ветра, ч
0	0 - 0,2	0	0	0	0	0	0
1	0,3 - 1,5	1	$\leq 0,25$	0,1	0,5	0,3	0,3
2	1,6 - 3,3	2	0,25 - 0,75	0,2 - 0,6	1,5	2	0,6
3	3,4 - 5,4	3	0,75 - 1,25	0,6 - 1,0	3	6	2
4	5,5 - 7,9	4	1,25 - 2,00	1,0 - 1,5	4	15	4
5	8,0 - 10,7	4	1,25 - 2,00	1,0 - 1,5	5	30	8
6	10,8 - 13,8	5	2,0 - 3,5	1,5 - 3,0	7	50	12
7	13,9 - 17,1	6	3,5 - 6,0	3 - 5	8	70	20
8	17,2 - 20,7	7	6,0 - 8,5	5 - 7	10	100	30
9	20,8 - 24,4	8	8,5 - 11,0	7 - 8	12	150	50
10	24,5 - 28,4	8	8,5 - 11,0	7 - 8	14	200	60
11	28,5 - 32,6	9	$\geq 11$	$\geq 8$	16	250	90
12	$\geq 32,7$	9	$\geq 11$	$\geq 8$	18	300	100

Для ветрового волнения помимо статистических данных можно пользоваться расчётными методами. Один из них представлен в [4]. Безразмерные средние высоты и средние периоды волн вычисляются по формулам (3), (4):

$$\frac{g\bar{h}}{U^2} = 0,16[1 - (1 + 0,006\sqrt{\frac{gX}{U^2}})^{-2}] \cdot \operatorname{th}\left[\frac{0,625\left(\frac{gH}{U^2}\right)^{0,8}}{1 - \left(1 + 0,006\sqrt{\frac{gX}{U^2}}\right)^{-2}}\right]; \quad (3)$$

$$\frac{g\bar{\tau}}{U} = 3,1 \cdot 2\pi\left(\frac{g\bar{h}}{U^2}\right)^{0,625}. \quad (4)$$

где  $X$  – разгон волн, м;  
 $H$  – глубина акватории, м;  
 $U$  – скорость ветра, м/с;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Другой набор формул расчёта параметров волнения по ветру получен И.Н. Давиданом, [2], по обработке многочисленных наблюдений в Атлантике. Здесь формулы И.Н. Давидана приведены к размерному виду:

$$\bar{h} = 0,001U^{1,428}X^{0,286}; \quad (5)$$

$$m_0 = 0,000652U^{-1,68}X^{0,84}; \quad (6)$$

$$\omega_m = 0,228U^{0,36}m_0^{-0,34}; \quad (7)$$

$$\omega_m = 81,853U^{-0,43}X^{-0,285}. \quad (8)$$

Формулы И.Н. Давидана хорошо согласуются со статистическими данными современной шкалы Бофорта.

В этой же работе приведены формулы Бретшнейдера

$$\frac{gh_{1/3}}{U^2} = 0,283 \operatorname{th}[0,0125\left(\frac{gX}{U^2}\right)^{0,42}]; \quad (9)$$

$$\frac{g\tau_{1/3}}{U} = 7,54 \operatorname{th}[0,077\left(\frac{gX}{U^2}\right)^{0,25}]. \quad (10)$$

Связь средних периодов  $\bar{\tau}$  со значительными  $\tau_{1/3}$  описывается следующей формулой:

$$\bar{\tau} = 0,762\tau_{1/3}. \quad (11)$$

Формулы Бретшнейдера дают достаточно близкий результат к современной шкале Бофорта по высотам волн, но значительно отличающийся в меньшую сторону – по периодам волнения.

Представленная информация даёт ответ на вопрос определения параметров ветрового волнения, в том числе содержащем волнение, перешедшее в разряд зыби после ослабления ветра (см. затухающее волнение, ф. 2). Однако, достаточно часто встречается смешанное волнение, в котором зыбь представляет одну или несколько самостоятельных систем, пришедших в данное место из зоны генерации волнения иных синоптических объектов. Для расчёта параметров такой зыби от каждого генератора необходимо применять следующий алгоритм: рассчитать параметры ветрового волнения  $\bar{h}_B, \bar{\tau}_B$  в зоне генерации; вычислить кратчайшее расстояние  $X$ , км, от зоны генерации до данного места по дуге большого круга или по геодезической линии; рассчитать изменение средних  $\bar{h}, \bar{\tau}$  за время движения, например, по модифицированной номограмме Свердрупа-Манка [10], рисунок 2. В номограмму входят с величиной  $\bar{\tau}_B$  и проводят горизонтальную линию до пересечения с вертикальной прямой, соответствующей расстоянию от области шторма  $X$ , км. Из полученной точки А параллельно наклонной прямой следуют до пересечения с осью абсцисс (точка В), из которой проводят вертикальную прямую до пересечения с кривыми I и II в точках С и D. Из этих точек проводят горизонтальные прямые до вертикальных осей  $\frac{\bar{h}_3}{\bar{h}_B}; \frac{\bar{\tau}_3}{\bar{\tau}_B}$ . По полученным соотношениям вычисляют параметры зыби  $\bar{h}_3, \bar{\tau}_3$ .

Суммарная высота смешанного волнения

$$h_{CB} = \sqrt{\bar{h}_B^2 + \bar{h}_3^2}. \quad (12)$$

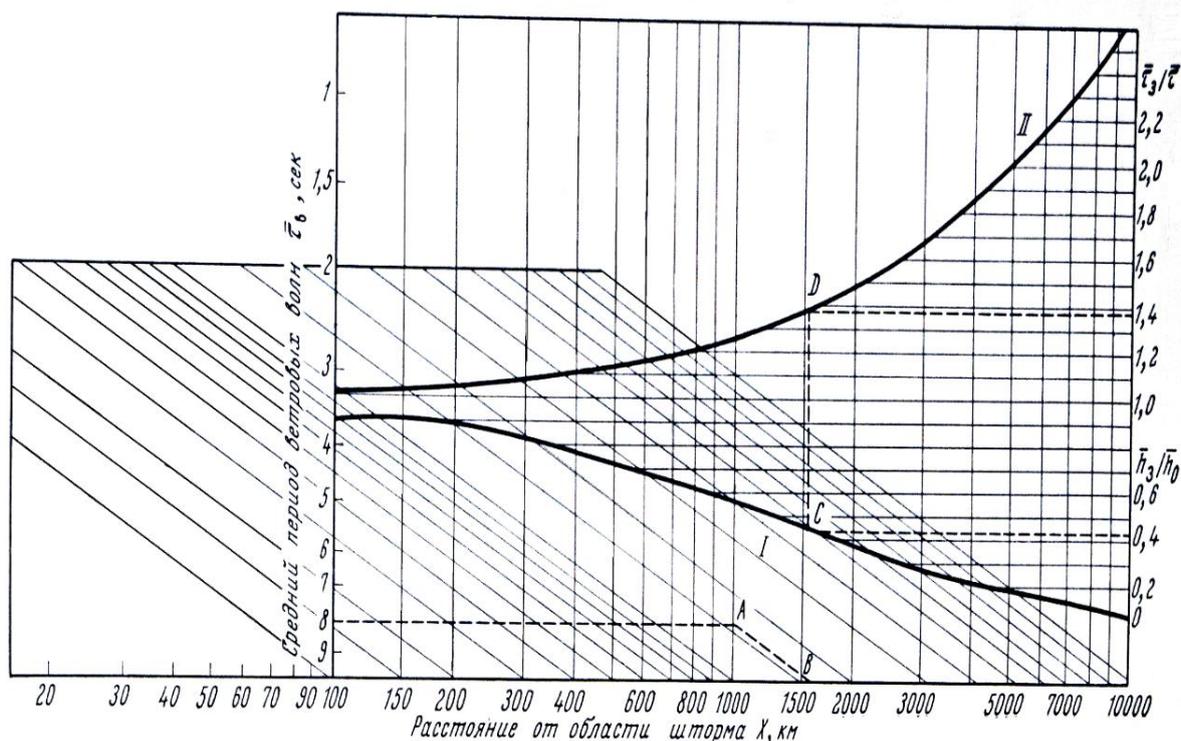


Рисунок 2 – Номограмма Свердруп-Манка для определения высот и периодов волн зыби

Если волнение обусловлено несколькими системами зыби, то для получения спектрального состава воздействующего на судно волнения необходимо каждую волновую систему  $S_i(\omega)$  представить в виде кажущегося спектра  $S_i(\Omega)$ . Пересчёт частот выполняется по формуле

$$\Omega = \omega(1 + \omega \frac{V}{g} \cos q), \quad (13)$$

где  $V$  – скорость судна

$q$  – курсовой угол волнения, принятый в судовождении ( $q = 0$  при встречном волнении).

В некоторых случаях суммарный спектр действующего на судно волнения может быть получен как суперпозиция частных кажущихся спектров каждого генератора. В более сложных случаях представление итогового спектра волнения с развитой низкочастотной зоной рассмотрено в [8].

Частные спектры ветрового волнения одного генератора в виде одномодального процесса можно принять в форме Вознесенского-Нецветаева, [8]:

$$S_{\zeta}(\omega) = 9.43 \frac{m_0}{\omega} \left(\frac{\omega_m}{\omega}\right)^6 \exp \left[-1.5 \left(\frac{\omega_m}{\omega}\right)^4\right]. \quad (14)$$

Если судно имеет собственную частоту качки в низкочастотном диапазоне спектра, то требуется особое внимание к выбору расчётного спектра. В частности, И.К.Бородай и Ю.А. Нецветаев рекомендуют представить волнение в виде суммы двух спектров

$$S_{\zeta}(\omega) = S_{\zeta_1}(\omega) + S_{\zeta_2}(\omega), \quad (15)$$

где параметры первого и второго спектров определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} \omega_{m1} &= 0,777\bar{\omega}; \quad \bar{\omega}_2 = 0,82\omega_{m1}; \quad \omega_{m2} = 0,70\omega_{m1}; \\ m_0 &= 0,0358h_{3\%}^2; \quad m_{01} = 0,885m_0; \quad m_{02} = 0,13m_{01}. \end{aligned} \quad (16)$$

Спектр зыби по И.Н. Давидану аппроксимируется в виде

$$S_{\zeta_3}(\omega) = 6 \frac{m_0}{\omega} \left(\frac{\omega_m}{\omega}\right)^5 \exp \left[-1.2 \left(\frac{\omega_m}{\omega}\right)^5\right] \quad (17)$$

и хорошо согласуется с натурными данными во всём диапазоне частот спектра для крупной пологой зыби с отношением

$$g \frac{\bar{\tau}^2}{h} \geq 800. \quad (18)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теоретические основы штормового плавания: монография / В.И. Сичкарёв, В.П. Умрихин, А.Г. Поминов, А.А. Приваленко. – Новосибирск: СГУВТ, 2021. – 210 с.
2. Ветровое волнение в Мировом океане / И.Н. Давидан, Л.И. Лопатухин, В.А.Рожков. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 256 с.
3. Ветровое волнение как вероятностный гидродинамический процесс / И.Н. Давидан, Л.И. Лопатухин, В.А.Рожков. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 288 с.
4. Ветровые волны и их воздействие на сооружения / Ю.М. Крылов, С.С. Стрекалов, В.Ф. Цыплухин. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 256 с.
5. Справочник по навигационной гидрометеорологии / Д.И. Стехновский, К.П. Васильев. – М.: Транспорт, 1976. – 166 с.
6. Исследование волновых полей зон максимума волнения северной части Тихого океана / В.И. Сичкарёв, А.П. Маркин – Новосибирск, НГАВТ, 2009. – 137 с.
7. Маков Ю.Л. Качка судов. – Калининград: Изд – во КГТУ, 2007. – 321 с.
8. Мореходность судов / И.К. Бородай, Ю.А. Нецветаев. – Л.: Судостроение, 1982. – 288 с.
9. Ремез Ю.В. Качка корабля. – Л.: Судостроение, 1983. – 328 с.
10. Морские нерегулярные волны / В.С. Бычков, С.С. Стрекалов. – М.: Наука, 1971. – 132 с.

REFERENCES

1. Theoretical foundations of storm navigation: monograph / V.I. Sichkarev, V.P. Umrikhin, A.G. Pominov, A.A. Privalenko. – Novosibirsk: SGUVT, 2021. – 210 p.
2. Wind waves in the World Ocean / I.N. Davidan, L.I. Lopatukhin, V.A.Rozhkov. – L.: Hydrometeoizdat, 1985. – 256 p.
3. Wind waves as a probabilistic hydrodynamic process / I.N. Davidan, L.I. Lopatukhin, V.A.Rozhkov. – L.: Hydrometeoizdat, 1978. – 288 p.
4. Wind waves and their impact on structures / Yu.M. Krylov, S.S. Strekalov, V.F. Tsyplukhin. – L.: Hydrometeoizdat, 1976. – 256 p.
5. Handbook of navigational hydrometeorology / D.I. Stehnovsky, K.P. Vasiliev. – M.: Transport, 1976. – 166 p.
6. Investigation of wave fields of the zones of maximum disturbance of the North Pacific Ocean / V.I. Sichkarev, A.P. Markin – Novosibirsk, NGAVT, 2009. – 137 p.
7. Makov Yu.L. Ship rolling. – Kaliningrad: Publishing House of KSTU, 2007. – 321 p.
8. Seaworthiness of ships / I.K. Borodai, Yu.A. Netsvetaev. – L.: Shipbuilding, 1982. – 288 p
9. Remez Yu.V. Ship pitching. – L.: Shipbuilding, 1983. – 328 p.
10. Marine irregular waves / V.S. Bychkov, S.S. Strekalov. – M.: Nauka, 1971. – 132 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Спектр волнения, параметры спектра, шкала Бофорта, параметры зыби.*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Сичкарёв Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО РЕЧНОГО СУДОВОЖДЕНИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**С.В. Моторин, В.И. Осипов**

**MEANS OF ENSURING EFFICIENT RIVER NAVIGATION**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia  
**S.V. Motorin** (Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department «Information System's» of SSUWT)  
**V.I. Osipov** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department «Information System's» of SSUWT)

**ABSTRACT:** Based on the accumulated experience, the article presents the results of the development of a simplified current control of the site condition, as well as for tracing the ship's course. The corresponding algorithm is presented, the process of obtaining the base (array of points) of the ship's course axis is described, and a convenient user interface is provided: windows of the Fair-way and Pilot information systems. In addition, the historical aspects of the creation of path designation systems at the Department of Information Systems are considered.

**Keywords:** *Fairway, tracing, tack, track designations, wiring, system, ship's course.*

Основываясь на накопленном опыте, в статье представлены результаты разработки упрощенного текущего контроля состояния участка, так и для трассировки судового хода. Представлен соответствующий алгоритм, описан процесс получения базы (массива точек) оси судового хода, а также предоставлен удобный пользовательский интерфейс: окна информационных систем "Фарватер" и "Лоцман". Кроме того, рассматриваются исторические аспекты создания систем путеуказания на кафедре информационных систем.

В настоящее время существует тенденция использования высоких технологий во все сферы экономики, в том числе и на речном транспорте. Конечной целью просматривается стремление автоматизировать и процессы судовождения вплоть до использования «беспилотного» управления судном. Такие системы уже проходят испытания на морском флоте. На речном флоте подобные системы пока являются преждевременными в силу его специфики [1–3].

Судовождение на внутренних водных путях требует постоянного напряжения внимания часто из-за извилистости русла реки, и ограниченности ширины судового пути. Кроме того,

может существенно повлиять течение, а также задача расхождения судов на "неудобных" участках. Поэтому первым этапом на пути комплексной автоматизации судовождения являются системы – помощники судоводителя, контролирующие правильность его действий, которые можно назвать путеуказателями – некими аналогами автомобильных приборов.

1. Постановка задачи. Использование широко распространенных GPS навигаторов для целей судовождения на реках в «чистом виде» вряд ли оправдано по следующим причинам:

- необходимые электронные карты для судовождения (некоторый аналог лоцманских карт) не могут быть созданы иначе, как с привлечением данных, получаемых в результате русловых съемок, которые производятся специальными партиями в подразделениях бассейновых управлений пути;

- навигация по путевым точкам, предусмотренная в большинстве приемников GPS не может быть эффективно использована, поскольку в этих режимах нет возможности непрерывного путеуказания, которое необходимо при поворотах судна;

- положение судового хода может изменяться, поэтому содержимое карт должно периодически обновляться силами специальных служб.

Подход, направленный на копирование систем, ориентированных на автомобильный аналог, чреват серьезными проблемами:

- лоцманские карты, которыми пользуются судоводители, должны корректироваться из-за возможных изменений, как русла реки, так и изменений самого судового хода, например, при его обмелении. Пренебрежение указанными особенностями повышает вероятность аварии;

- в плане создания систем путеуказания значительную роль играют службы путевого хозяйства, которые и создают лоцманские карты и они же должны создавать электронную траекторию пути следования судна.

Таким образом, на первом этапе задача создания путеуказателя разделяется на две части:

- создание базы оси судового хода;
- задачу реализации эффективного её использования.

Следует отметить постоянную необходимость наблюдения за состоянием водного пути со стороны путевого хозяйства:

- промеры глубин;
- корректировка при необходимости положения знаков обстановки.

В этом плане эти работы сродни с получением базы данных для автоматизированного путеуказателя.

2. Исторический аспект. Большой накопленный опыт в сфере производства изыскательских работ на реках позволяет сделать ряд выводов и рекомендаций по организации этих работ.

В 90-х годах в Новосибирском институте водного транспорта (нынешнем СГУВТ) была разработана спутниковая система автоматизации изысканий «Декарт 503» позволяющая существенно повысить уровень изысканий. В состав системы входили: эхолот «Кристалл», GPS приемник с наружной антенной и графическое устройство на базе графопостроителя (плоттера формата несколько больше А3) УВГИ-1, в котором использовалась штатная микропроцессорная система со специальным программным обеспечением. Кроме того, в прибор установлен блок сопряжения с эхолотом и модифицированы органы управления (рисунок 1).

Система полностью удовлетворяла потребности путейцев того периода для промерных работ. Сами промеры выполняют 2 человека: рулевой ведет промерный катер (использовался КС-100А) стараясь равномерно выполнить поперечные галсы, причем двигаясь непрерывно от берега к берегу обычно с максимальной скоростью. Обычно сами промеры участка занимают 1...2 часа. Полученного материала достаточно чтобы нанести вручную нужные изобаты и оформить окончательный план при камеральной обработке.

Вместе с тем следует отметить ее достоинства и недостатки, учитывая, что получить качественный план невозможно любым способом, не прибегая к какому-либо ручному редактированию. В основном это относится к условному изображению объектов на берегу, впадающих ручьев, проток и других объектов вне доступного водного пространства.

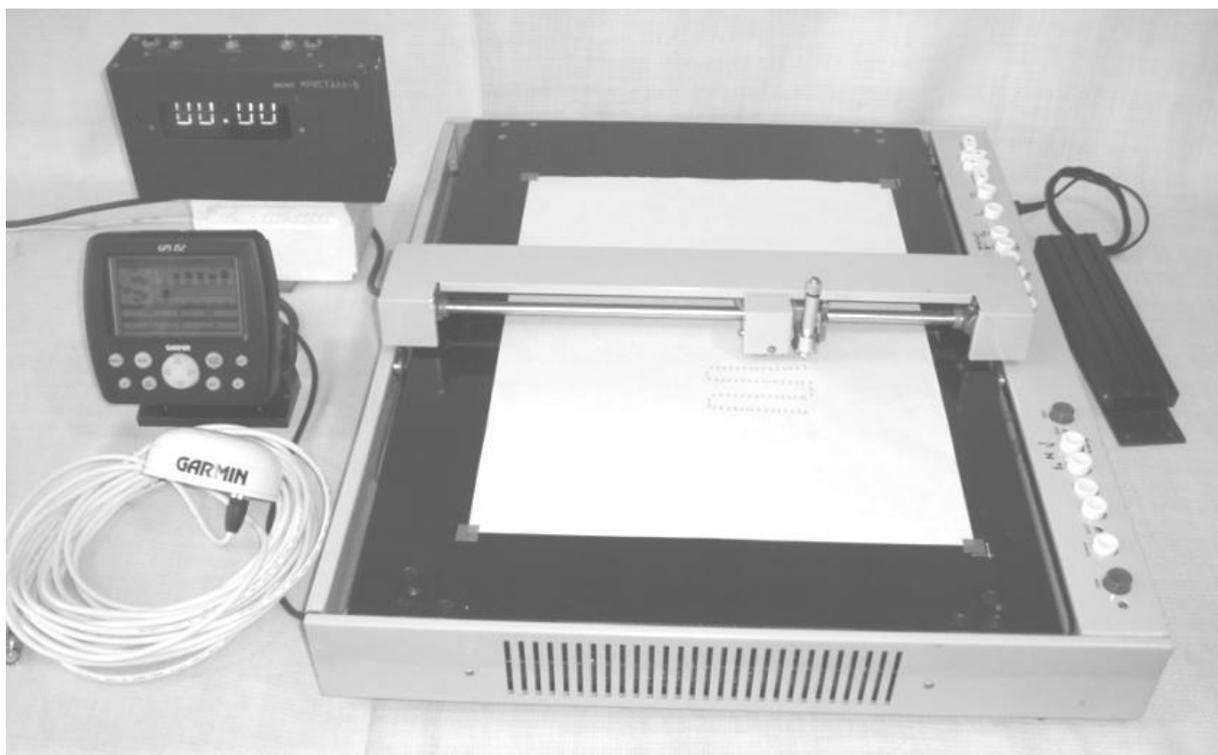


Рисунок 1 – Комплект системы «Декарт 503»

Указанная модель выполнена на старой элементной базе с весьма скромными параметрами: процессор i8080 (2,0 МГц, ОЗУ – 4кБ, ПЗУ 24кБ, впрочем, использовано только 8кБ)

Учитывая сказанное, есть желание заменить упомянутый комплект более совершенным, с использованием современных средств сбора и обработки информации. К сожалению, на сегодняшний день трудно найти замену очень важному элементу – планшету.

В идеальном случае это должен быть легкий инструмент широкого формата с сенсорным экраном прямого контраста (без подсветки). Пока что таких устройств нет.

3. Концепция реализации упрощенного способа трассировки судового хода. Однако, в любом случае конечной заявленной целью является повышение эффективности и безопасности речного транспорта. Основные требования совершенствования процессов, как контроля состояния пути, так и постепенного внедрения электронных карт для речного судоходства – создание специализированных систем путепрокладки и судоходства на реках с учетом доступности и простоты использования.

Как уже указывалось, в любых случаях применяются лоцманские карты, создание которых требует немало трудозатрат, связанных с промерными работами и продуманной обработкой материалов для построения планов с нанесенными изобатами, построение которых связано с серьезными трудностями. Дело в том, что промеры с использованием одноканального эхолота дает объективную информацию лишь на пути следования промерного катера (профилей), а между ними нет. В результате при обработке материалов с применением методов интерполяции получаются планы, изобилующие множеством ненужных деталей, засоряющих их, делающие планы трудно читаемыми и с возможными ошибками (рисунок 2).

Конкретно, для задач текущего контроля состояния пути и для создания цифровой базы можно предложить упрощенный способ её создания. Такой способ применялся еще в 90-х годах, однако, на старой технической основе. После появления спутниковых систем и достаточно совершенных средств цифровой обработки даже на микроконтроллерах возникла возможность расширить спектр выполняемых работ [4].

С учетом накопленного опыта можно рекомендовать упрощенный способ, пригодный как для текущего контроля состояния участка, так и для трассировки судового хода.

Суть способа заключается в следующем. Не строя изобат выводить на плоттер или экран монитора участки траекторий, на которых глубины больше или равны заданным глубинам (линия А–В на рисунке 3). Эти линии могут отличаться по цвету или толщине линий.

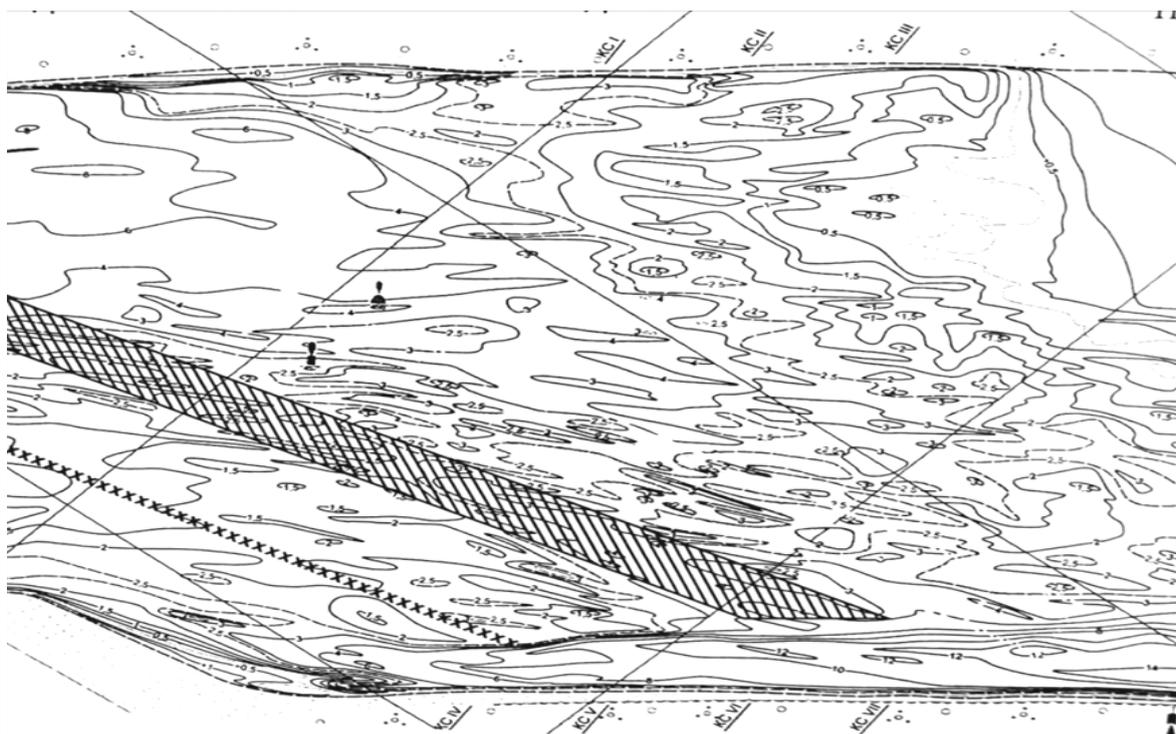


Рисунок 2 – План участка реки, компьютерной постройки

Алгоритм вычисления координат конечных точек.

Вычисление координат конечных точек А и В можно производить по формуле:

$$X_A = X_1 + (X_2 - X_1) \cdot \frac{H_{зад} - H_1}{H_2 - H_1}; \quad Y_A = Y_1 + (Y_2 - Y_1) \cdot \frac{H_{зад} - H_1}{H_2 - H_1}, \quad (1)$$

где  $X_A$  и  $Y_A$  координаты точки А;

$X_1, X_2; Y_1, Y_2;$  и  $H_1, H_2$  – координаты и глубины точек 1 и 2;

$H_{зад}$  – заданная глубина. Координаты точки В находятся аналогично по точкам 4 и 5.

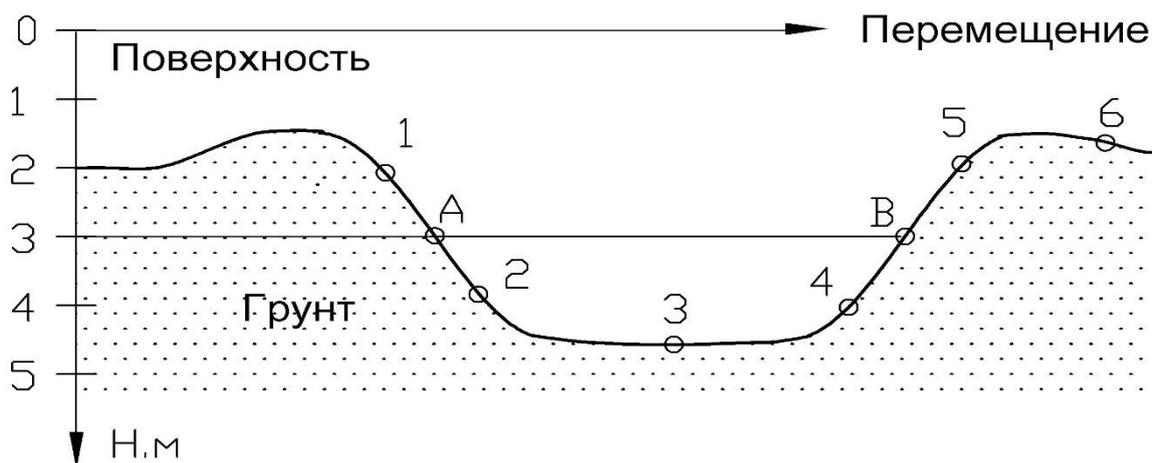


Рисунок 3 – Определение линий с заданной глубиной

Искомая изобата проходит через точки А и В. Непременным условием получения корректных линий является непрерывность промеров глубин и их запись в массив. Линии (между точками А и В) можно получить, используя несложный алгоритм, приведенный на рисунке 4.

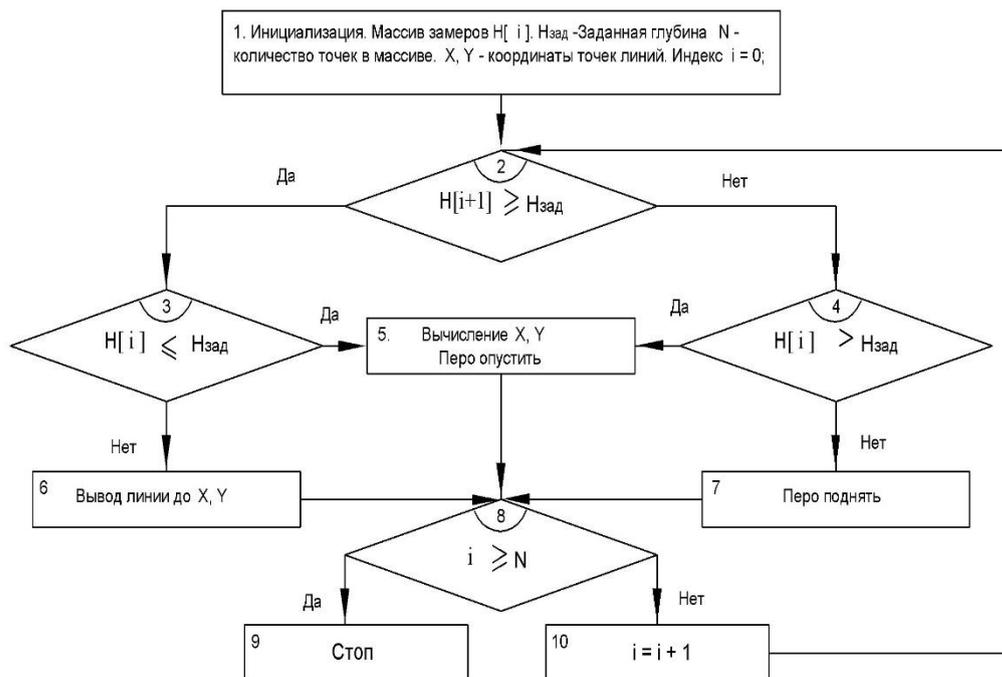


Рисунок 4 – Алгоритм вывода линии А – В на рисунке 3

Промеры выполняются поперечными по возможности равномерными галсами как условно показано на рисунке 5.

Показанный условный план не оставляет сомнения, где должна быть ось судового хода.

Подготовку базы для путепрокладчика следует производить с учетом очевидных требований:

- шаг изменений координат точек оси судового хода должен быть оптимальным, т.е. достаточно мелким для получения большего объема информации;
- вместе с тем, период выдачи данных об отклонении, например, от оси судового хода должен быть не ниже времени восприятия изменения показаний регистрирующего прибора.

Принимая время зрительного восприятия 0.5 секунд, и, положив среднюю скорость речного судна, равной 5 м/сек, находим, что шаг изменения координат точек должен быть не менее 2.5 метров. Впрочем, учитывая период передачи пакета сообщений системы GPS или ГЛОНАСС не ниже 1...1,5 сек. следует принять шаг точек на оси судового хода равным 10 метров.

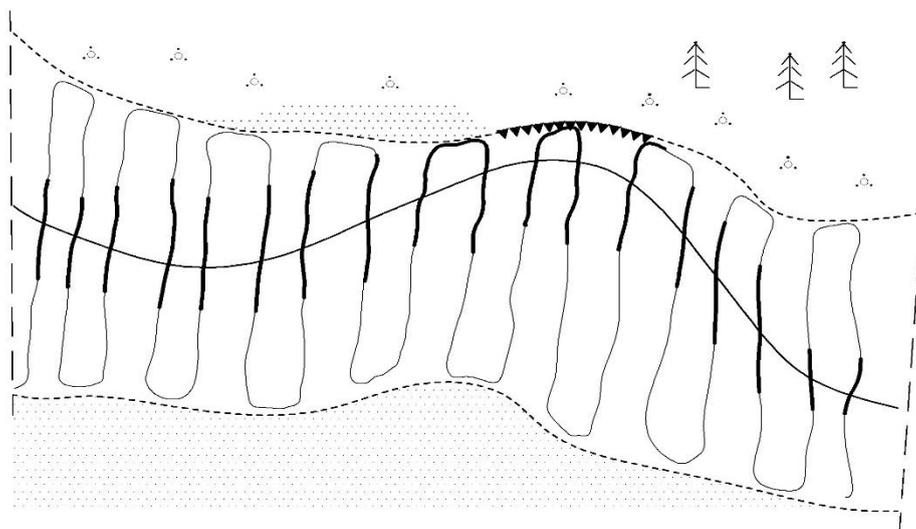


Рисунок 5 – Траектория движения промерного судна. Выделены участки с глубинами, больше или равными заданной глубине.

Сам процесс получения базы (массива точек) оси судового хода может быть реализован наиболее доступным путем прохождения по этой оси на легком судне, ориентируясь на полученный план типа изображенного на рисунке 5. При этом следует проходить через середины участков узкой части хода и стремиться двигаться прямолинейно, где это возможно и соответственно линии, указанной створными знаками. На поворотах надо пытаться идти по линии правильной окружности, производя частые отметки.

По окончании этих работ полученные данные должны быть отредактированы в специальной программе. Целью обработки является получение материалов обеспечивающей оптимизацию базы. Сказанное означает, что при её использовании судоводитель не должен получать информацию об отклонении от курса содержащую скачки и ненужное «рыскание», особенно на прямолинейных участках.

4. Пользовательский интерфейс программ "Фарватер" и "Лоцман". Для указанных целей был написан вариант компьютерной программы "Фарватер", интерфейс которой приведен на рисунке 6.

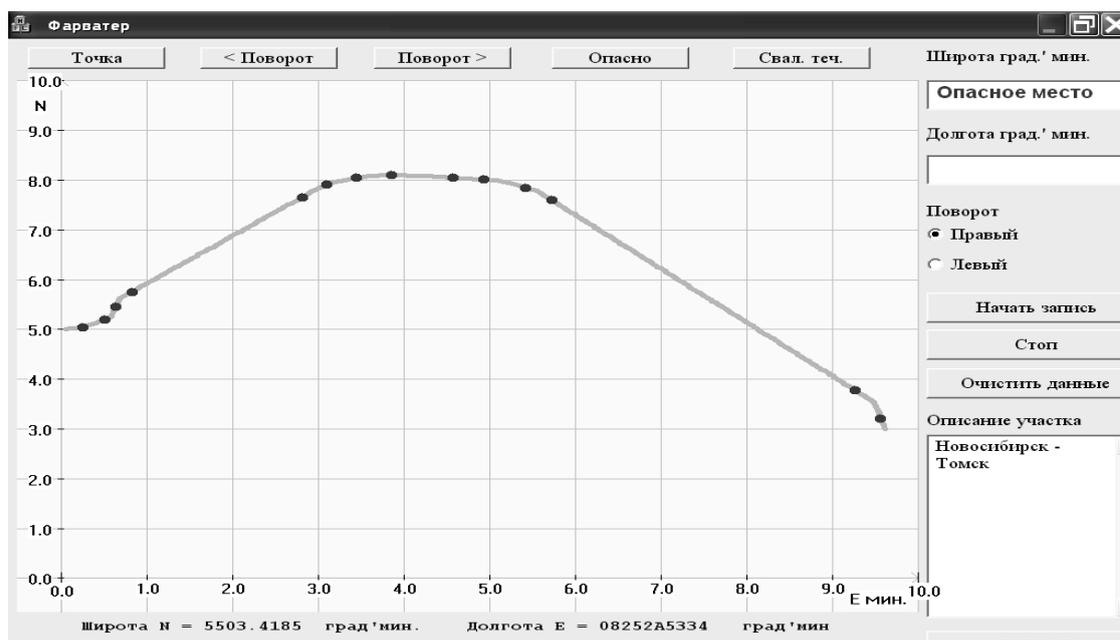


Рисунок 6 – Окно программы "Фарватер"

Программа преобразует исходный массив, полученный при прохождении оси судового хода в другой, в котором все точки получены интерполяцией координат соседних точек. Новые точки располагаются с равным шагом 10м по расстоянию. Предварительно из исходного массива удаляются точки, лежащие внутри прямолинейных участков (рис. 6). Места поворотов сглаживаются сплайнами.

В программе предусмотрено:

- прием данных от навигационной системы GPS или ГЛОНАСС;
- внесение дополнительных предупреждающих отметок;
- предварительная обработка и отбор нужных данных;
- индикация положения судна при записи массива данных, представляющих ось судового хода в удобной для судоводителя форме, т.е. удобного интерфейса. Возможность осуществления рабочих операций настройки и управление программой;
- замены или корректировки массива данных, представляющих судовой ход.

Предполагается, что в рубке судна, использующего систему путеуказания, находится небольшой прибор, выполненный с учетом правил устройства судовых электроустановок, который позволяет судоводителю в реальном времени контролировать отклонения от оси судового хода.

Для накопления опыта работы и иллюстрации разработанной методики была написана программа для персонального компьютера «Лоцман», рабочее окно которого приведено на рисунке 7.

В этом окне показана ось судового хода и траектория движения судна. Величина отклонения от оси хода вычисляется упрощенно, как расстояние от GPS точки и первой текущей точки массива из очередной пары и представлена для удобства в аналоговой форме.

Непрерывно выводятся также и дополнительные предупреждающие сигналы, записанные в процессе промеров.

В случае существенного изменения судового хода индикаторный прибор подлежит перепрограммированию с применением внешнего носителя.

Следует отметить, что проводка судна сводится, очевидно, к его удержанию на оси судового хода с допустимыми отклонениями.

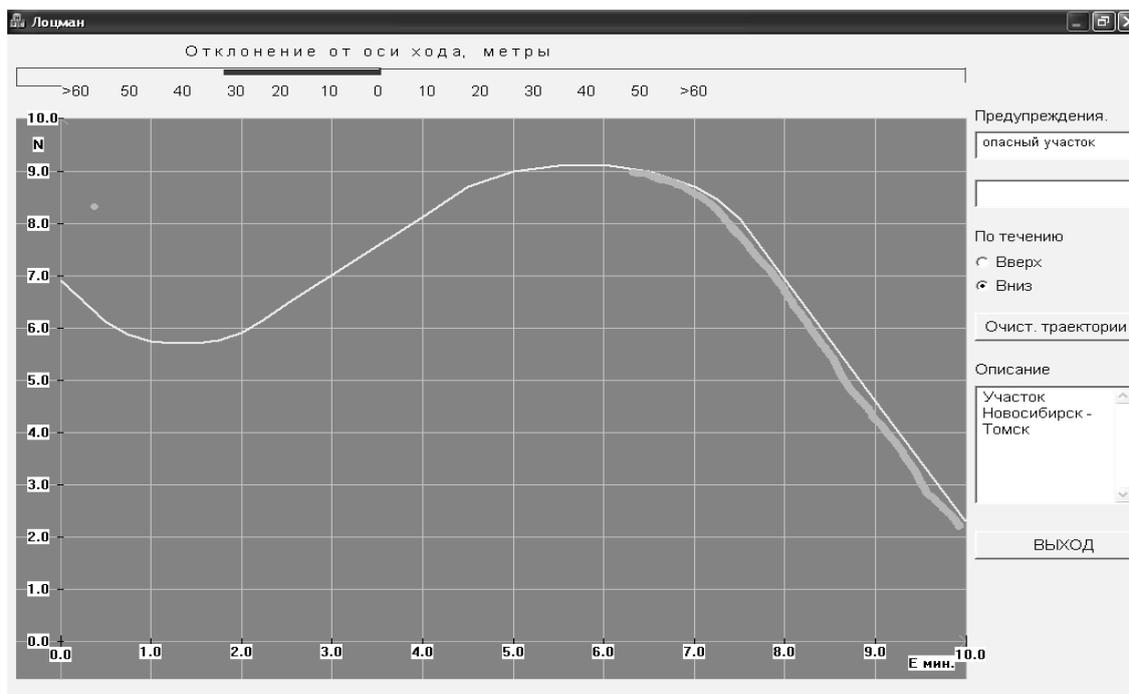


Рисунок 7 – Рабочее окно программы "Лощман"

5. Выводы. При обычном способе управления судном на реках, главной задачей судоводителя чаще всего является удержание судна на прямом курсе. Это связано с тем, что речные суда, обладающие хорошей поворотливостью, имеют вместе с тем плохую устойчивость на прямом курсе. Более того, замкнутая система регулирования значения курса, включающая в структуру обратной связи человека обычно является неустойчивой, т.е. человек принципиально не может управлять судном пропорционально только отклонению от заданного курса.

Указанный эффект практически устраняется введением человеком, часто подсознательно, в закон регулирования производной от курса, т.е. угловой скорости поворота судна (повалки). Судоводитель (достаточно опытный) устраняет отклонение от курса, опережая этот процесс. При этом он воспринимает повалку судна по береговым ориентирам. Упомянутые замечания следует учитывать при разработке средств индикации путеуказания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голышев, Н.В. Информационная система поддержки принятия решений для диспетчера технического участка внутренних водных путей [Текст] / Н.В. Голышев, С.В. Моторин, Д.Н. Голышев, Ю.А. Мещерякова, А.А. Тюменцев. – Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 2010. - вып. XIII С. 234-240
2. Голышев, Н.В. Перспективы внедрения современных информационных технологий на водном транспорте [Текст] / Н.В. Голышев, С.В. Моторин, Д.Н. Голышев. – Сибирский научный вестник.-2006.-вып.9- С. 287-291
3. Голышев, Н.В. Информационное обеспечение камеральных работ на внутренних водных путях [Текст] / Н.В. Голышев, С.В. Моторин. – Сибирский научный вестник.- 2007.-вып. 10. - С. 441-448.
4. Осипов, В.И. Путеуказание в спутниковой системе судовождения на реках [Текст] / В.И. Осипов. – Научные

REFERENCES

1. Golyshev, N.V. Information decision support system for the dispatcher of the technical section of inland waterways [Text] / N.V. Golyshev, S.V. Motorin, D.N. Golyshev, Yu.A. Meshcheryakova, A.A. Tyumentsev. – Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. Novosibirsk, 2010. - issue. XIII pp. 234-240
2. Golyshev, N.V. Prospects for the introduction of modern information technologies in water transport [Text] / N.V. Golyshev, S.V. Motorin, D.N. Golyshev. – Siberian Scientific Bulletin.-2006.-issue 9- pp. 287-291
3. Golyshev, N.V. Information support for desk work on inland waterways [Text] / N.V. Golyshev, S.V. Motorin. – Siberian Scientific Bulletin.- 2007.-issue. 10. - pp. 441-448.
4. Osipov, V.I. Path designation in the satellite navigation system on rivers [Text] / V.I. Osipov. – Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. Novosibirsk, 2010. - issue. XIII pp.224-228

проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 2010. - вып. XIII с. 224-228

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Фарватер, трассировка, галс, путеуказания, проводка, система, курс судна.  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Моторин Сергей Викторович, доктор технических наук, с.н.с., зав. кафедрой «Информационных систем» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Осипов Виктор Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент каф. «Информационных систем» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

---

## **ОСОБЕННОСТИ БЕЗОПАСНОГО ПЛАВАНИЯ МАЛОМЕРНЫХ СКОРОСТНЫХ СУДОВ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**Ю.Н. Черепанов**

### **FEATURES OF SAFE NAVIGATION OF SMALL HIGH-SPEED VESSELS**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**Yu.N. Cherepanov** (Ph.D. of Technical Sciences, Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article discusses some issues that may arise during the operation of small-size high-speed vessels. Boatmasters need to know, in order to ensure the safety of navigation, the aspects of the occurrence of capsizing situations of such vessels.

**Keywords:** Safety, speed, planing vessels, small vessels, skipper.

В статье рассмотрены некоторые вопросы, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации маломерных скоростных судов. Судоводителям необходимо знать для обеспечения безопасности плавания аспекты возникновения ситуаций опрокидывания таких судов.

Глиссирующие суда относятся к группе судов с динамическим поддержанием. По мере увеличения скорости движения происходит рост гидродинамических давлений в общей системе сил, действующих на судно. Динамическая составляющая при этом возрастает пропорционально квадрату скорости, и в результате наряду с архимедовой силой поддержания появляется гидродинамическая сила поддержания. Для использования этих сил в целях снижения сопротивления движению у судов с динамическим поддержанием имеются элементы, называемые несущими поверхностями или несущим комплексом. У глиссирующих судов несущим комплексом является совокупность специально спрофилированных элементов обшивки корпуса.

В настоящее время не только определены рациональные соотношения главных размеров и формы корпуса глиссирующих судов, но и разработаны технические средства управления гидродинамическими характеристиками несущего комплекса. По аналогии с авиационными средствами механизации крыла их еще называют средствами механизации несущей поверхности. К их числу относятся в первую очередь транцевые плиты и интерцепторы. Кроме того, активно управлять посадкой глиссера помогают устройства регулирования "откидки" подвесного мотора или угловой колонки, способные изменять направление вектора тяги в вертикальной плоскости.

Устройства регулирования откидки мотора. Начнем с использования откидки использования откидки как наиболее доступного способа оперативного управления посадкой. При изменении откидки мотора или угловой колонки относительно транца судна изменяется направление вектора упора винта (рисунок 1). Это приводит к изменению значения момента, стремящегося поднять нос судна, соответственно изменяются угол атаки днища и его смоченная длина. Физически действие откидки аналогично перемещению в некоторых пределах общего центра тяжести судна, поэтому с ее помощью можно скомпенсировать чрезмерную загруженность носа или кормы и довести скорость хода до наивысшего значения. Следует заметить, что не все суда одинаково охотно реагируют на нажатие кнопки механизированной откидки. Очень вяло реагируют на откидку разборнонадувные, относительно гибкие суда – приложенного к транцу момента для них часто не хватает, чтобы оторвать от воды "залипший" нос.

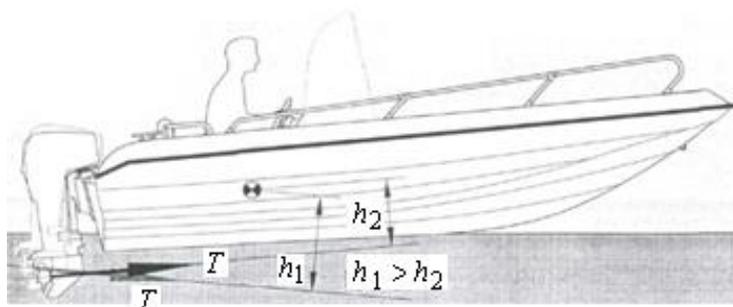


Рисунок 1 – Влияние откидки мотора на дифференцирующий момент и посадку судна

Для улучшения выхода на глиссирование применяют дополнительные средства, это транцевые плиты, которые по характеру своего действия можно представить как аналог применяемых в авиации закрылков на задней кромке несущего крыла или щитков, устанавливаемых на нагнетающей (нижней) поверхности крыла. Физическая картина их действия состоит в дополнительном отклонении потока, набегающего на несущую поверхность (щитки на верхней поверхности крыла работают по-другому). В результате этого на самой транцевой плите и на несущей поверхности перед ней давления возрастают и меняется их распределение по длине судна. Указанные явления изменяют всплытие и дифферент судна. Заметим, что в зависимости от скорости, посадки, обводов и размерений судна они могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на его сопротивление и устойчивость движения.

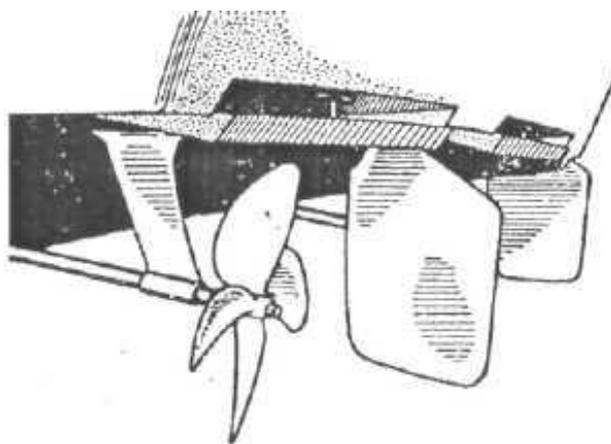
Транцевые плиты устанавливают на задних кромках плоской или килеватой основной несущей поверхности судна. По конструкции они могут выполняться неподвижными, регулирующими и управляемыми в процессе движения судна.

На рисунке 2 представлены схемы конструктивного исполнения транцевых плит.

Известно, что создание отгиба днища в кормовой части судна приводит к существенному уменьшению ходового дифферента и сопротивления в переходном режиме.



1



2

Рисунок 2 – Схемы вариантов конструктивного исполнения транцевых плит на глиссирующем судне

На рисунке 3 показаны кривые буксировочного сопротивления и углы ходового дифферента модели глиссирующего судна с различными углами установки транцевых плит в корме.

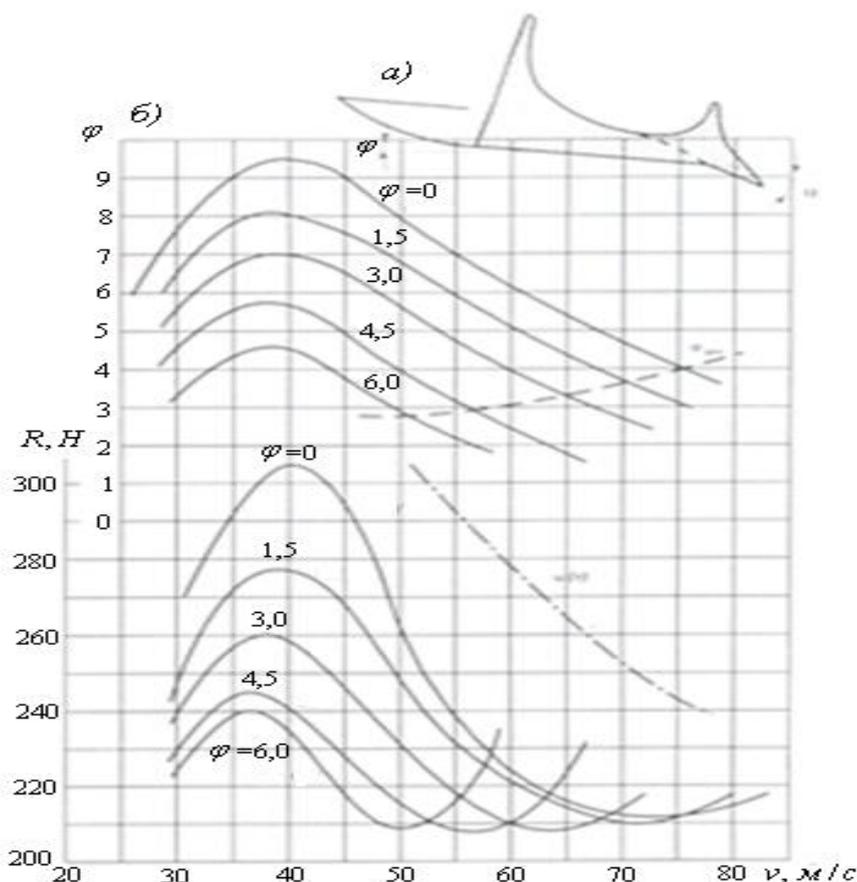


Рисунок 3 – Влияние установки транцевой плиты на гидродинамические характеристики глиссирующего судна:

- а) – схема эпюры давлений на днище глиссирующего судна с транцевой плитой  
 б) – изменение сопротивления и посадки судна от угла установки плиты

Как следует из графиков, влияние углов установки транцевых плит на сопротивление по мере увеличения скорости изменяется. При определенных условиях влияние транцевых плит может привести к росту сопротивления. Это происходит в тех случаях, когда углы ходового дифферента глиссера оказываются меньше оптимального. В большинстве случаев в зависимости от килеватости несущей поверхности и формы днища в плане диапазон оптимальных углов атаки составляет  $3,5^\circ \div 5,5^\circ$ . Уменьшение углов атаки несущих поверхностей, по сравнению с оптимальными, приводит к резкому возрастанию площади смоченной поверхности. Это увеличивает сопротивление трения, которое на режиме чистого глиссирования играет существенную роль в полном сопротивлении судна.

Для поддержания углов дифферента, близких к оптимальным, в широком диапазоне скоростей движения необходимо с изменением скорости менять и угол установки транцевых плит.

Вообще говоря, установленные транцевые плиты, при помощи которых можно активно изменять продольную профилировку днища и регулировать ходовой дифферент судна. Отклоняя их вниз, можно улучшить старт судна, будет легче преодолевать сильную волну или настроить судно на выгодный режим плавания при большой нагрузке. Преимущество регулируемых плит состоит еще в том, что в установившемся режиме и при благоприятных условиях их можно "подобрать", а значит заметно уменьшить общее сопротивление и увеличить скорость.

Также с помощью регулировки угла транца подвесного двигателя возможно уменьшение угла дифферента при выходе судна на глиссирование. Подвесной двигатель имеет три разных положения рисунок 4, позволяющих изменять угол транца судна. Правильная регулировка позволяет стабильную эксплуатацию судна, обеспечивает достижение оптимального режима работы и сводит к минимуму усилие управления рулем.

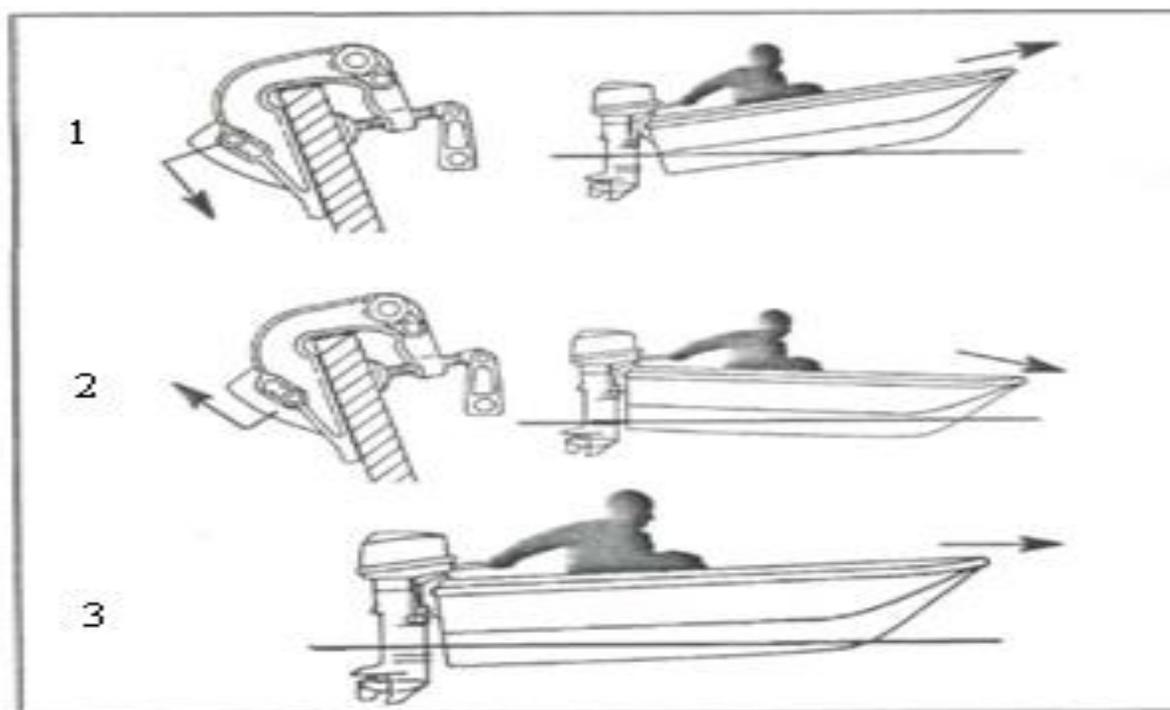


Рисунок 4 – Регулировка угла наклона подвесного двигателя

Подвесной двигатель работает наиболее эффективно и с наименьшим усилием управления рулем, когда он отрегулирован так, что при работе он перпендикулярен к поверхности воды. Располагать пассажиров и груз в судне необходимо так, чтобы равномерно распределить вес.

1. Слишком большой угол (корма опущена – нос поднят).
2. Недостаточный угол (корма поднята – нос опущен).
3. Угол отрегулирован правильно (нос слегка приподнят).

Многие владельцы глиссирующих маломерных судов устанавливают двигатели большой мощности, иногда превышающей необходимую для судна, на этих, как правило, зарубежных двигателях, предусмотрен автоматический подъем колонки двигателя, для чего на приборной панели устанавливается прибор показывающий угол наклона или подъема двигателя «trim».

Для таких двигателей делают наклон транца до 18 градусов в сторону носа судна, и когда судно начинает движение, колонку двигателя поджимают к транцу как на рис.4(2). Носовая часть судна опускается и не даёт создавать большого дифферента на корму, это в свою очередь помогает преодолевать «горб сопротивления», ускоряя выход судна на глиссирование.

Как только глиссирующее маломерное судно выйдет на глиссирование необходимо обязательно приподнять колонку, как показано на рисунке 4 под (3), для того чтобы судно шло ровно на глиссировании, увеличивая скорость.

Если судоводитель не приподнимет колонку двигателя, то судно начнёт двигаться «рыскливо» и будет заваливаться то на один, то на другой борт и при резком заваливании на борт, в сторону которого работает гребной винт, в особенности если судно имеет остроносые носовые обводы, возможно опрокидывание судна. Такая авария произошла Телецком озере летом 2011 года.

Судоводитель перевозил людей на катере на подводных крыльях рисунок 5, в количестве 12 человек с водопада в состоянии алкогольного опьянения и после выхода катера на крылья не поднял колонку подвесного двигателя, оставив её в поджатом состоянии. По показаниям потерпевших катер постоянно бросало с одного борта на другой, была сильная «рыскливость», потом катер завалился на борт в носу и резко перевернулся и начал тонуть. В результате происшествия погибли четыре человека.



Рисунок 5 – Маломерное судно на подводных крыльях утонувшее на Телецком озере

Ещё одна авария произошла в 2022 году в Красноярском крае на притоке Енисея, два маломерных судна с воздушными винтами и надувными скегами по бортам, на крутом повороте реки осуществляли расхождение на полной скорости, одно судно при осуществлении циркуляции наехало на другое по касательной в носовую часть судна. От наезда, судно на которое был осуществлён наезд, опрокинулось в результате чего погибли три человека. Эти две аварии на первый взгляд не похожи друг на друга, но они имеют общую физическую основу опрокидывания.

В этих двух авариях перед тем, как опрокинуться произошло заваливание судов в носовой части на борт, причём в сторону вращения винта и при этом резкая приостановка судна. Это привело к резкому уменьшению продольной составляющей силы на движителе  $P_x$  движущей суда и сильному увеличению боковой составляющей  $P_y$  от вращения движителя. Эта большая сила создала крутящий момент, который стал опрокидывающим  $M_{опр} = P_y * l$ , рисунок 5(б).

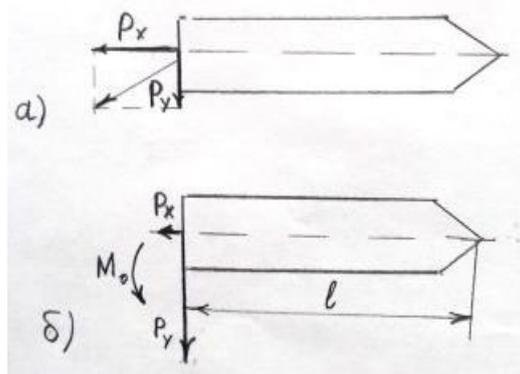


Рисунок 5 – Силы возникающие на движителе маломерного скоростного судна:

а) при движении судна вперёд;

б) при резком торможении судна в период заваливания носовой части на борт

Об этом необходимо знать судоводителям и не допускать создание таких ситуаций. Ещё ни в коем случае нельзя убирать запас плавучести в носовом отсеке маломерного судна и устанавливать дополнительный топливный бак или загружать отсек грузом для снижения дифферента на корму при выходе судна на глиссирование, при опрокидывании судна это приводит к его затоплению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черепанов Ю.Н. Глиссирующие маломерные суда. Теория, устройство, управление; учебное пособие / Ю.Н. Черепанов – Новосибирск. СГУВТ, 2016. – 183 с.

REFERENCES

1. Cherepanov Yu.N. Planing small vessels. Theory, organization, management; textbook / Yu.N. Cherepanov – Novosibirsk. SGUVT, 2016. – 183 p.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Безопасность, скорость, глиссирующие суда, маломерные суда, судоводитель.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Черепанов Юрий Николаевич, кандидат технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

---

## НАПРАВЛЕНИЕ ЛИНИИ ВЕТРА НА АКВАТОРИИ ПО ПУТИ ЦИКЛОНА С КРУГОВЫМИ ИЗОБАРАМИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**В.И. Сичкарёв**

### THE DIRECTION OF THE WIND LINE IN THE WATER AREA ALONG THE PATH OF A CYCLONE WITH CIRCULAR ISOBARS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**V.I. Sichkarev** (Doctor of Technical Sciences, Professor of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** The task is set to determine the variability of the direction of wind lines at points in the water area through which a cyclone with circular isobars passes. A fixed coordinate system associated with the control points of the water area and a mobile one associated with the center of the cyclone were introduced. At an arbitrary point of the cyclone, the equation of the tangent is given and its angular coefficient is determined. The direction of the wind line is set at an angle of  $\mu$  to the direction of the tangent. Next, the change in the direction of the wind line at the control points is tracked as the cyclone moves. The region to the south (in the northern hemisphere) from the center of the cyclone is highlighted, in which the direction of the wind lines changes the least, as well as the area to the north, where the direction of the wind lines also changes slightly. The best conditions for the development of unrest can be expected in these areas. This conclusion is confirmed by the statistics of storm zones in the North Pacific Ocean.

---

**Keywords:** Wind lines, wave development conditions in a cyclone, storm zones in a cyclone.

Поставлена задача определения изменчивости направления линий ветра в точках акватории, через которые проходит циклон с круговыми изобарами. Введена неподвижная система координат, связанная с контрольными точками акватории, и подвижная, связанная с центром циклона. В произвольной точке циклона задано уравнение касательной и определён её угловой коэффициент. Направление линии ветра задано под углом  $\mu$  к направлению касательной. Далее отслежено изменение направления линии ветра в контрольных точках по мере движения циклона. Выделена область к югу (в северном полушарии) от центра циклона, в которой направление линий ветра изменяется наименьшим образом, а также область к северу, где также изменение направления линий ветра небольшое. В указанных областях можно ожидать наилучшие условия для развития волнения. Этот вывод подтверждён статистикой штормовых зон в северной части Тихого океана.

Для судоводительской оценки степени развитости волнения в зоне движущегося фронтального циклона умеренных широт важно представлять, насколько быстро и значительно в любой точке акватории будет изменяться направление линий ветра. Генератором ветрового волнения является ветровое поле циклона, формирующееся его барическим полем. Представляющие интерес для штормового плавания циклоны имеют, как правило, несколько замкнутых изобар. Их форма в большинстве случаев выпуклая, а расстояние между изобарами в области сильных ветров различаются незначительно. Это позволяет принять, что скорость ветра в зоне генерации штормового волнения также различается незначительно и основной анализ провести по оценке изменчивости направления ветра в различных зонах циклона.

Допустим, что циклон с круговыми изобарами движется с некоторой скоростью  $v$  в направлении ряда выделенных на акватории открытого моря точек. Введём неподвижную систему координат (НСК)  $ХОУ$ , связанную с акваторией и намеченными (контрольными) точками № - 5, ..., -1, 1, ..., 5, и подвижную систему координат (ПСК)  $\eta O_1 \zeta$ , связанную с центром движущегося циклона. В начальный момент времени  $t = 0$  ПСК была совмещена с НСК; ось  $OX$  направлена по вектору скорости циклона; контрольные точки расположены на линии, перпендикулярной направлению движения циклона, на расстоянии  $r$  от его центра в начальный момент  $t = 0$ , рисунок 1.

В параметрическом виде координаты всех точек в НСК

$$x = r \cdot \cos \gamma; \quad (1)$$

$$y = r \cdot \sin \gamma. \quad (2)$$

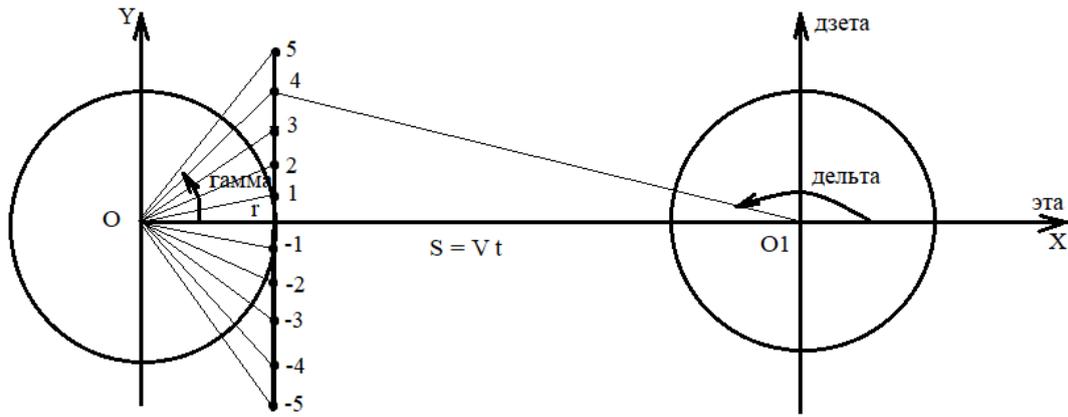


Рисунок 1 – Расположение неподвижной и подвижной систем координат и контрольных точек в некоторый произвольный момент времени

Поскольку все точки располагаются на одной абсциссе  $x = r$ , то ординаты всех точек зададим следующим образом через значения параметрического угла  $\gamma$ . Из (1) определим  $r$

$$r = \frac{x}{\cos \gamma}, \quad (3)$$

поставим в (2)

$$y = x \cdot \operatorname{tg} \gamma \quad (4)$$

и зададим точки № -5...5, варьируя угол  $\gamma$ .

Выражения (1÷4) остаются справедливыми в ПСК при замене  $x \rightarrow \eta$ ;  $y \rightarrow \zeta$ ;  $\gamma \rightarrow \delta$ .

Результат перемещения циклона зададим как преобразование координат их параллельным переносом. Тогда в НСК

$$\begin{cases} x = \eta + v \cdot t; \\ y = \zeta. \end{cases} \quad (5)$$

В ПСК новые координаты контрольных точек

$$\begin{cases} \eta = x - v \cdot t; \\ \zeta = y. \end{cases} \quad (6)$$

Направление  $\delta$  из точки  $O_1$  в каждую  $i$  контрольную точку

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\zeta_i}{\eta_i} = \frac{y_i}{x - v \cdot t_i}. \quad (7)$$

В каждой контрольной точке зададим касательную к круговой изобаре в ПСК. Уравнение касательной

$$\frac{Z - \zeta}{r \cos \delta} = \frac{H - \eta}{-r \sin \delta} \quad (8)$$

можно представить в явном виде

$$Z = (\zeta + \eta \cdot \operatorname{ctg} \delta) - H \cdot \operatorname{ctg} \delta, \quad (9)$$

где сомножитель при переменной  $H$  ( $-\operatorname{ctg} \delta$ ) есть тангенс угла  $\alpha$  наклона касательной к оси абсцисс. Следовательно,

$$\operatorname{tg} \alpha = -\operatorname{ctg} \delta; \quad (10)$$

$$\alpha = \operatorname{arctg}(-\operatorname{ctg} \delta) = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg}(-\operatorname{ctg} \delta) = \frac{\pi}{2} + \delta. \quad (11)$$

Введём в рассмотрение линию ветра, касательная к которой в любой точке составляет с касательной к изобаре некоторый угол  $\mu$ . Величина этого угла зависит от скорости ветра, от шероховатости подстилающей поверхности, вероятно, и от многих других факторов. В судовождении [1], для оценок в условиях мостика для открытого моря принимают  $\mu = 20^\circ$ . Тогда для циклона в северном полушарии угол линии ветра  $\beta$  будет на  $\mu$  больше  $\alpha$ :

$$\beta = \frac{\pi}{2} + \delta + \mu. \quad (12)$$

Угол  $\beta$  – это положительное направление линии ветра, т.е. «куда дует ветер», рисунок 2, отличающееся от принятого в судовождении «откуда дует ветер». Следовательно, для получения «судоводительского» направления к положительному направлению линии ветра необходимо добавить  $180^\circ$ :

$$\beta_c = \beta + \frac{\pi}{2} = \pi + \mu + \delta. \quad (13)$$

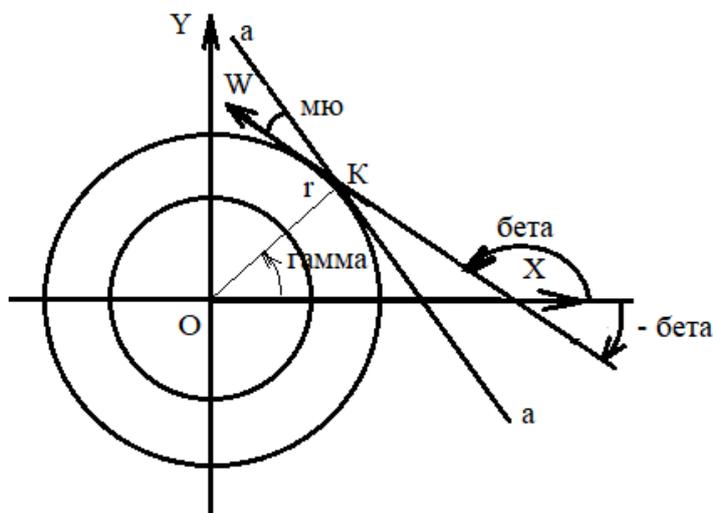


Рисунок 2 – Направление касательной а-а и линии ветра W в точке K в неподвижной системе координат

Положение, изображённое на рисунке 2, характерно для начального состояния системы  $t = 0$ . Через некоторое время движения циклона линия ветра W в контрольной точке K и измеряемые углы  $\delta$  и  $\beta$  будут выглядеть соответственно рисунку 3.

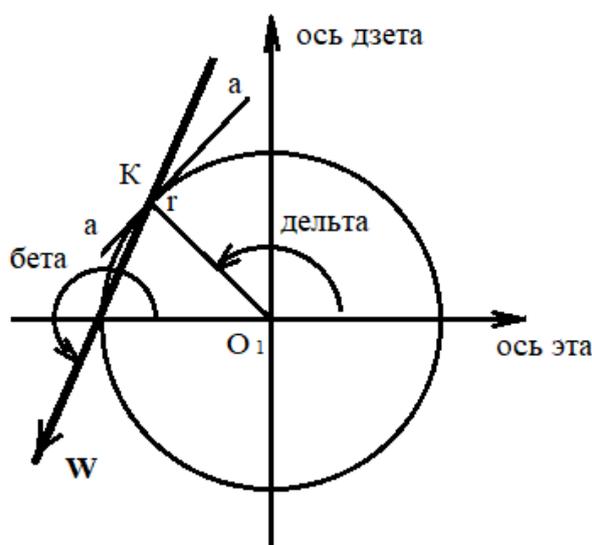
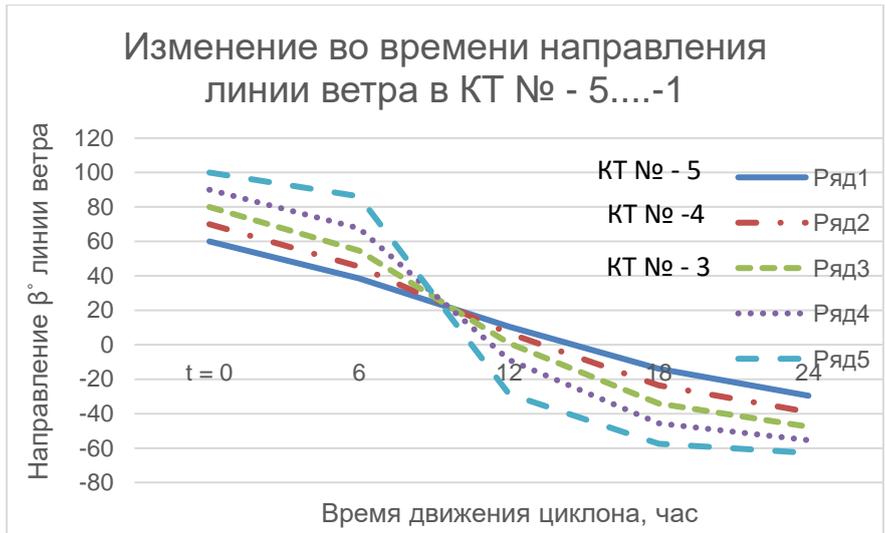


Рисунок 3 – Направление ветра в точке K спустя некоторое время движения циклона

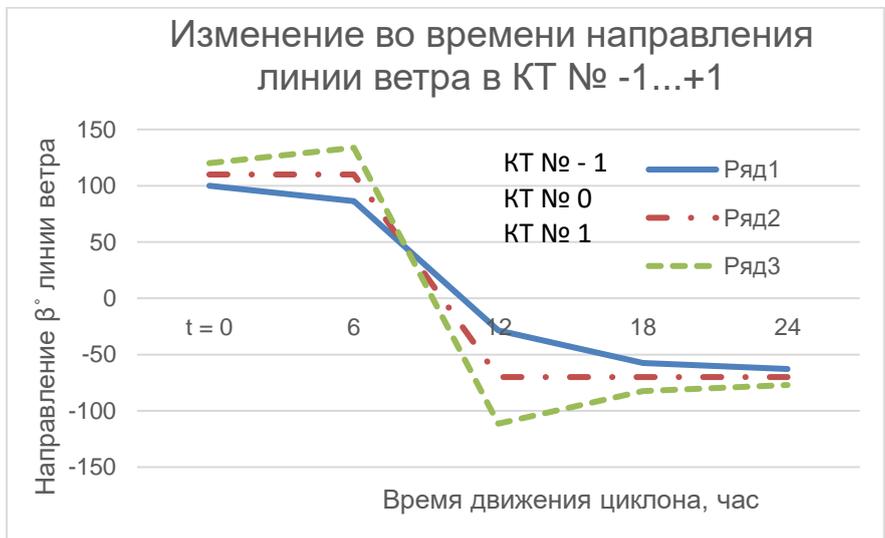
С учётом особенностей в значениях тригонометрических функций при круговом счёте аргумента  $\delta$  необходимо пользоваться формулой

$$\delta = \arctg \frac{\zeta}{\eta} + \begin{cases} 0^\circ & \text{при } \eta > 0 \\ 180^\circ & \text{при } \eta < 0 \end{cases} \quad (14)$$

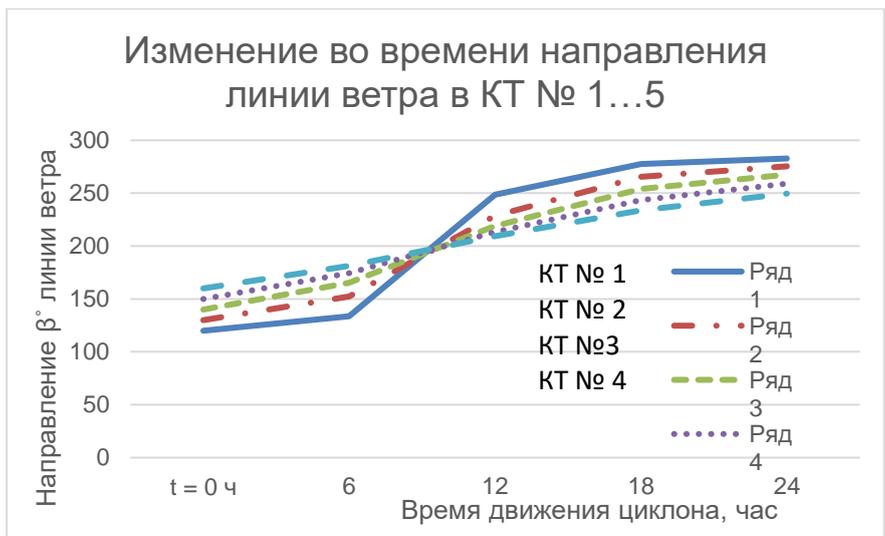
Расчёты направления линии ветра в контрольных точках № -5, ..., +5 по (12) с учётом (14), при движении циклона со скоростью 10 узлов, через 6-часовые промежутки времени приведены на рисунке 4 а-в.



а) направление линии ветра в точках № -5...-1



б) направление линии ветра в точках № -1...+1



в) направление линии ветра в точках № 2...5

Рисунок 4 – Изменение направления ветра в контрольных точках за время прохождения циклона

Анализ полученных результатов об изменении направления ветра  $\beta$  при прохождении циклона через контрольные точки северного полушария показывает следующее.

Во всех точках до прохождения центра циклона и после его прохождения направление ветра изменяется. Наименьшее изменение происходит в точках, лежащих южнее центра циклона в северном полушарии (в южном полушарии картина изменений симметричная относительно экваториальной оси) и чем дальше от центра – тем меньшее изменение (см. КТ № – 5). В небольших границах изменяется направление ветра в точках, лежащих севернее центра циклона (в северном полушарии) (см. КТ № 4, 5). В тех точках, где направление ветра изменяется незначительно в течение наибольшего времени, имеются наилучшие условия для максимального развития волнения. Следовательно, наибольшая вероятность получения развитого волнения возникает на южной периферии циклона (в северном полушарии), а при достаточно медленном движении циклона – на северной периферии после прохождения центра циклона. При этом, конечно, при приближении и прохождении циклона волнение будет изменяться по схеме: развивающееся, развитое, угасающее. Это объясняет имеющуюся статистику по месту расположения штормовых зон циклона [1], таблица 1.

Таблица 1 – Распределение зон максимума волнения в зоне циклона умеренных широт

Холодная воздушная масса перед тёплым фронтом	3,2 %
Тёплый фронт	6,1 %
Тёплая воздушная масса	31,5 %
Холодный фронт	21,9 %
Холодная воздушная масса в тылу циклона за холодным фронтом	28,0 %
Фронт окклюзии	9,3 %
Всего	100 %

Как видно, на южной периферии циклона образуется 62,7 %, а на северной периферии циклона в зоне окклюзии 9,3 % от всех зон максимума волнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по навигационной гидрометеорологии / Д.И. Стехновский, К.П. Васильев. – М.: Транспорт, 1976. – 166 с.
2. Исследование волновых полей зон максимума волнения северной части Тихого океана / В.И. Сичкарёв, А.П. Маркин – Новосибирск, НГАВТ, 2009. – 137 с.

REFERENCES

1. Handbook of navigational hydrometeorology / D.I. Stehnovsky, K.P. Vasiliev. – M.: Transport, 1976. – 166 p.
2. Investigation of wave fields of the zones of maximum disturbance of the North Pacific Ocean / V.I. Sichkarev, A.P. Markin – Novosibirsk, NSAWT, 2009. – 137 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Линии ветра, условия развития волн в циклоне, штормовые зоны в циклоне.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Сичкарёв Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ОБЗОР СУДОВОДИТЕЛЬСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНКИ КАЧКИ СУДНА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**М.Д. Тарасенко**

**AN OVERVIEW OF THE SHIP'S NAVIGATION TOOLS FOR ASSESSING THE PITCHING OF A SHIP**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**M.D. Tarasenko** (Postgraduate student of SSUWT)

**ABSTRACT:** Storm navigation safety assessment is a diverse process. In the article, the author provides an overview of the tools used to assess the pitching of modern ships in order to analyze the advantages and disadvantages of each, and also makes assumptions about the need to improve the tools.

**Keywords:** *Pitching, ship, chart, stormy navigation, safety of navigation.*

Оценка безопасности штормового плавания – разноплановый процесс. В статье автор производит обзор инструментария, используемого для оценки качки на современных судах с целью анализа достоинств и недостатков каждого, а также, выдвигает предположения о необходимости улучшения инструментария.

В условиях штормового плавания воздействие ветра и волнения может обернуться для судна серьезными проблемами, если маневрирование сопровождается ошибками судоводителей. Бортовая качка или снижение остойчивости на волнении могут привести к опрокидыванию, а под воздействием килевой качки корпус судна может разломиться. Также могут возникать неблагоприятные явления, ведущие к местным повреждениям судна и перевозимого груза: слеминг (удары днищем о волны), заливание и забрызгивание палубы водой, разгон винта вследствие его оголения при килевой качке, бросинг (захват и разворот судна попутной волной). Заливание и забрызгивание палубы водой может также приводить к повреждению или даже потере палубных и трюмных грузов. К подобного рода ситуациям относят, например, намокание. Намокший уголь может самовоспламениться, а тюки хлопка будут необратимо испорчены. Ко всему прочему, не стоит забывать о том, что плохо закрепленный груз может быть попросту унесен за борт массами воды. Поэтому управление судном в штормовых условиях требует надлежащей оценки всех рисков, а также подготовки судоводительского состава.

В данной статье автор проводит обзор основных судоводительских инструментов, которые в настоящее время рекомендуется использовать при оценке рисков и выборе безопасных режимов штормового плавания.

Обзор способов оценки безопасности штормового плавания на попутном волнении. При плавании в штормовых условиях на попутном волнении или волнении с кормовых курсовых углов (КУ), характеристики основных мореходных качеств судна – остойчивости, качки и управляемости существенно меняются. Эти изменения в некоторых случаях могут приводить к возникновению аварийных ситуаций или опрокидыванию.

Судоводитель для оценки безопасности плавания на попутном волнении располагает следующим инструментарием:

- диаграмма Ю.В. Ремеза;
- диаграммы А.И. Богданова;
- диаграммы К. Линдеманна.

Рассмотрим каждую из них в отдельности.

Диаграмма Ю.В. Ремеза. Диаграмма Ремеза, рисунок 1, универсальна: она может определять резонансную качку бревна, лодки, судна, причём, бортовую, килевую, вертикальную.

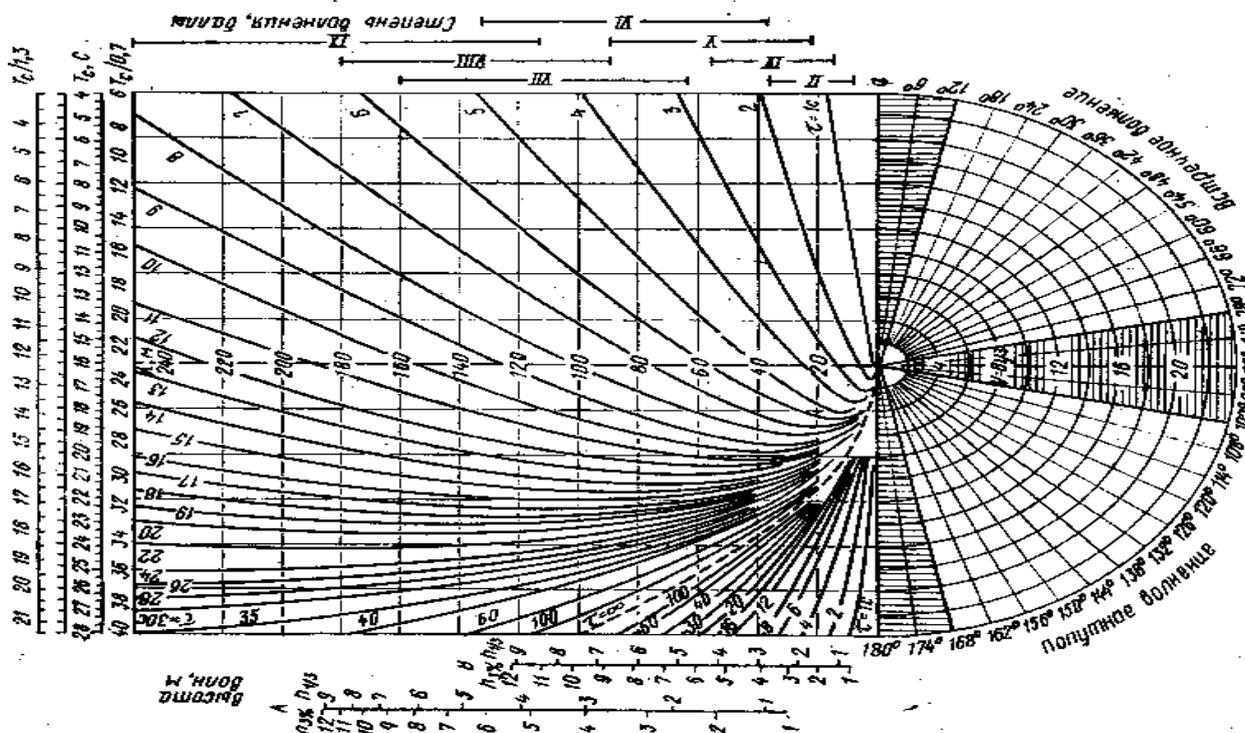


Рисунок 1 – Универсальная диаграмма Ю. В. Ремеза

Диаграмма проста в использовании, но информация не всегда может быть использована с высокой степенью эффективности по следующим причинам:

– из-за большого демпфирования амплитуда килевой качки не имеет такого острого пика при резонансе, как бортовая качка, а потому небольшие изменения КУ и скорости не будут так эффективны в случаях с килевой качкой.

– Из-за малого значения периода собственных продольных колебаний судна резонансные зоны килевой качки могут оказаться настолько широкими, что для выхода за их пределы иногда требуются чрезвычайно большие изменения КУ и скоростей, вплоть до поворота на обратный курс [2].

Для наглядности рассмотрим пример. Длину волны  $\lambda$  и скорость судна принимаем равными 100 метрам и 9 узлам соответственно.

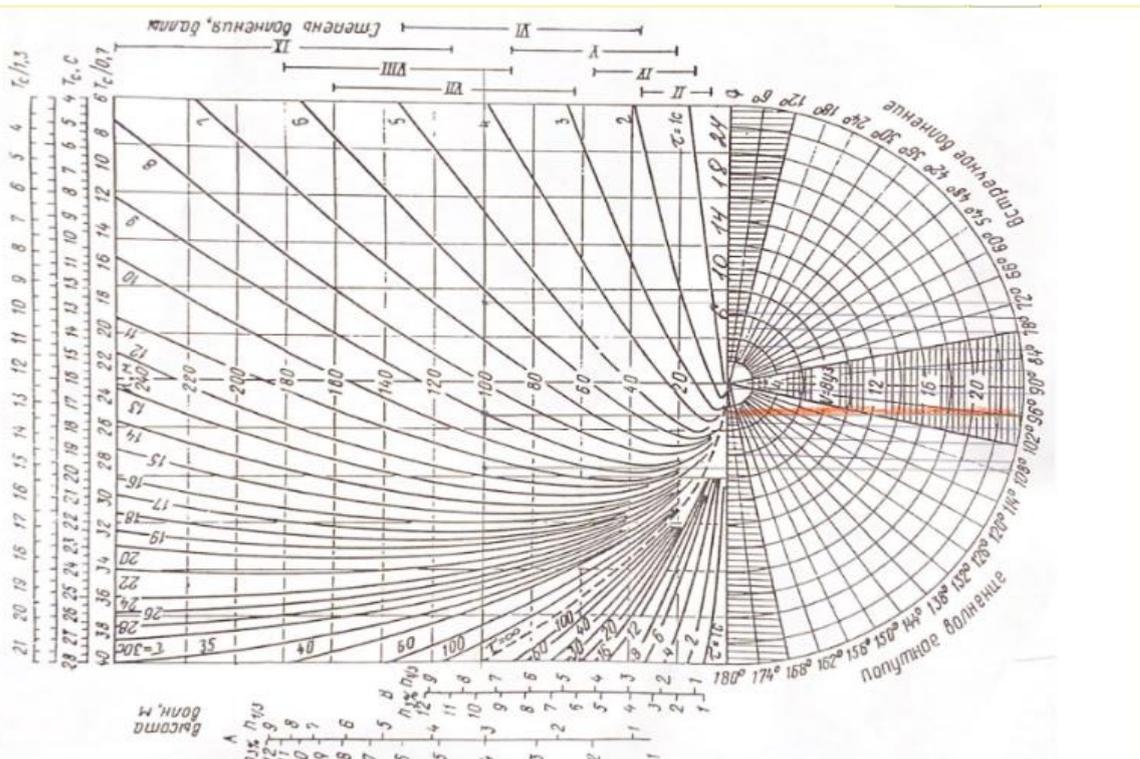


Рисунок 2 – Построения на диаграмме Ремеза для периода качки, равного 9 секундам

На данном примере видно, что зона усиленной качки достаточно широка, от КУ  $72^\circ$  до  $108^\circ$ . Красной линией обозначена зона резонансной килевой качки.

По диаграмме Ю.В. Ремеза с достаточной точностью может быть выполнена исключительно оценка зон усиленной качки, если определен период собственной качки [3].

Диаграммы А. И. Богданова. В опубликованном в 2002 году РД 31.00.57.2 – 91 А. И. Богдановым предлагается использование нового типа диаграмм. Для быстрой оценки параметров попутного волнения их надлежит использовать, исходя из соотношений «фактическая высота волны – расчетная высота волны для данного судна» и «длина волны – длина судна». На диаграмме имеются зоны «неблагоприятного» и «опасного» волнения. Если по итогам расчётов выясняется, что судно попадает под действие вышеупомянутых категорий, следует выполнять проверки по «другим» диаграммам, выбор безопасных скоростей и курсовых углов, а если их реализация невозможна – отказ от плавания попутными курсами.

На рисунке 5 представлен пример определения опасности заданных параметров волнения – длина волны 100 м, высота – 3,7 м. (точка 4)

Диаграммы штормового плавания делятся на основные и дополнительные, основные рассчитываются для каждого случая нагрузки при наиболее опасной длине волны, равной длине судна и нескольких её значениях высоты (расчетная, 75% от расчетной и 50% от расчетной для данного судна). Дополнительные диаграммы строятся для оценки резонансных зон бортовой качки при длине попутных волн, отличающихся от длины судна.

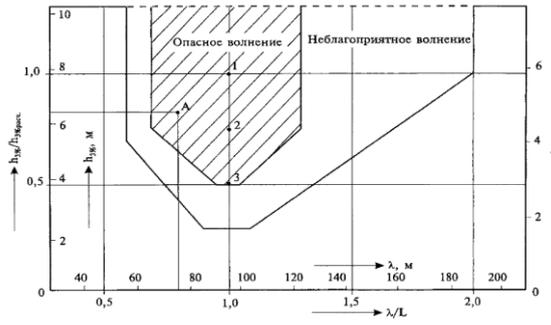


Рисунок 4 – Диаграмма, используемая для оценки опасности параметров волнения

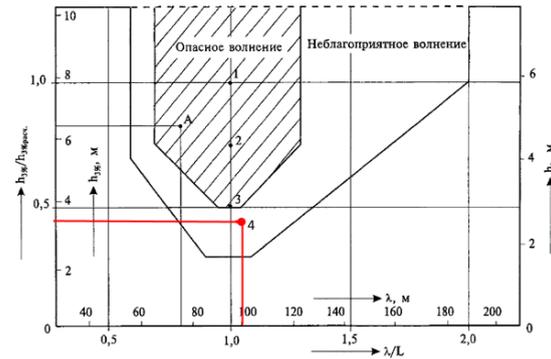


Рисунок 5 – Определение опасности параметров волнения

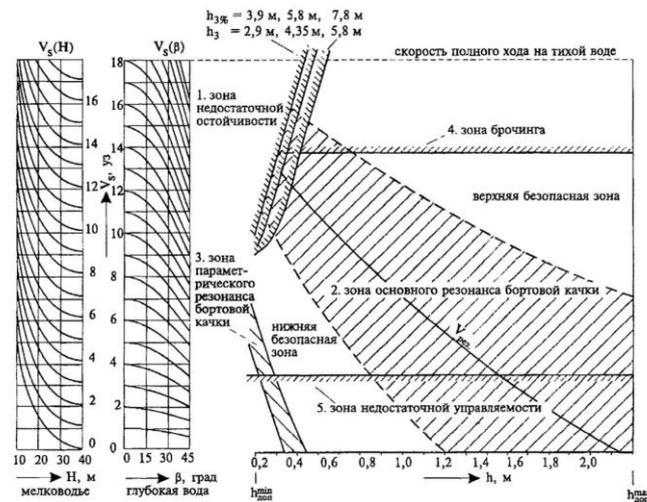


Рисунок 6 – Диаграмма штормового плавания А.И. Богданова

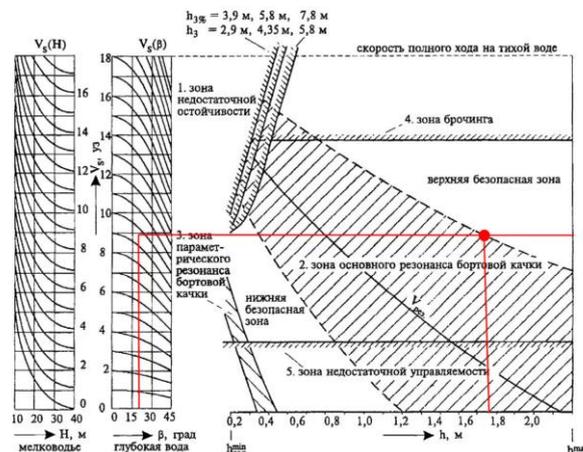


Рисунок 7 – Применение диаграммы Богданова

Вход в диаграмму осуществляется через скорость судна  $V_s$ , курсовой угол волнения  $\beta$ , а также, начальную метацентрическую высоту судна на тихой воде,  $h$ .

Примеры представлены для судна длиной 96 метров. Диаграммы предназначены для выбора оптимальных вариантов посадки и остойчивости при загрузке судна, а также, оценки безопасных режимов плавания судна в рейсе при длинах волн, мало отличающихся от длины судна.

Данные диаграммы просты в использовании, имеется возможность разработки программного обеспечения для ЭВМ, но также не являются универсальными, что не дает возможности их повсеместного применения.

Еще один вариант оценки качки – применение консультативных диаграмм К. Линдемманна.

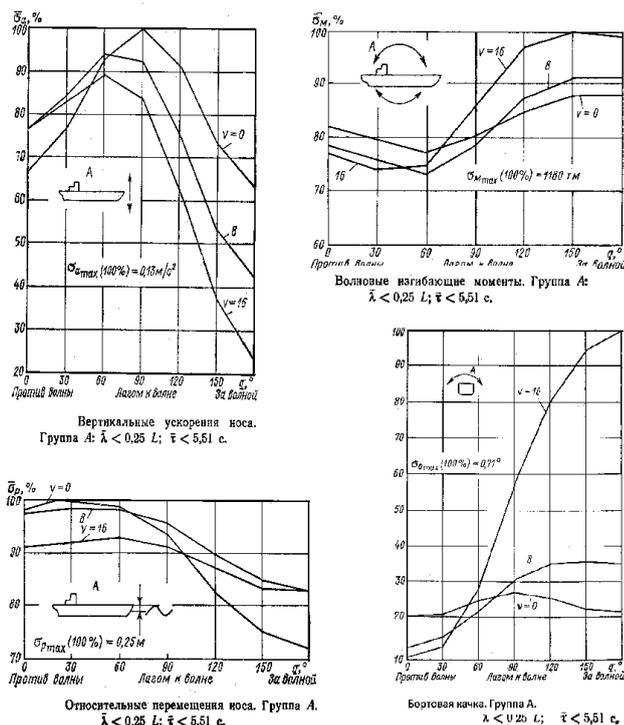


Рисунок 8 – Консультативные диаграммы К. Линдемманна для коротких периодов, группа А

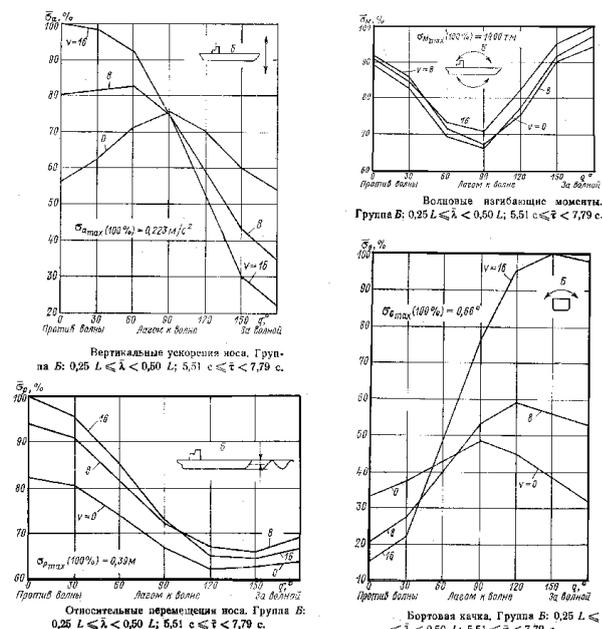


Рисунок 9 – Консультативные диаграммы К. Линдемманна для средних периодов, группа Б

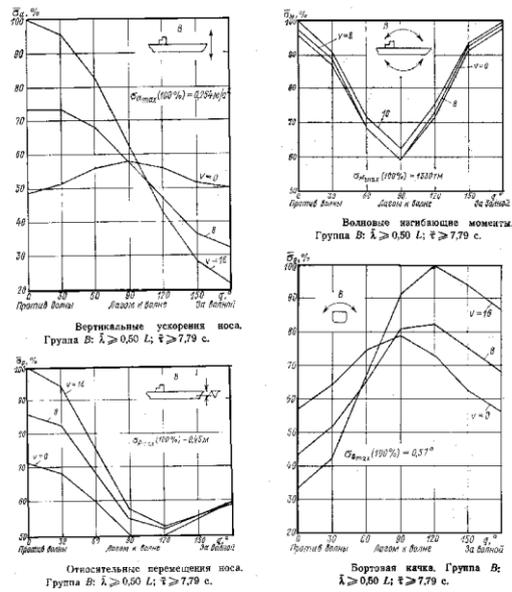


Рисунок 10 – Консультативные диаграммы К. Линдемманна для длинных периодов, группа В.

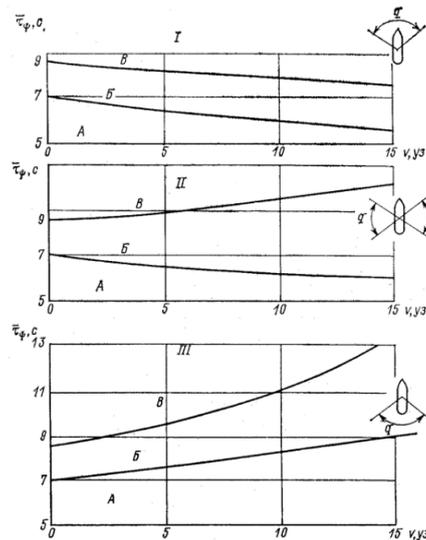


Рисунок 11 – Пример вспомогательных графиков К. Линдемманна для судна размерениями  $L \times V \times x_d = 150 \times 21,4 \times 8,91$  м, скорость ППХ 16,4 узла

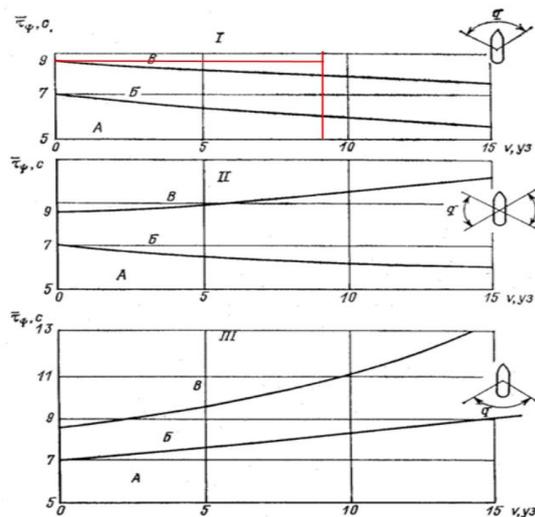


Рисунок 12 – Пример использования вспомогательной диаграммы Линдемманна

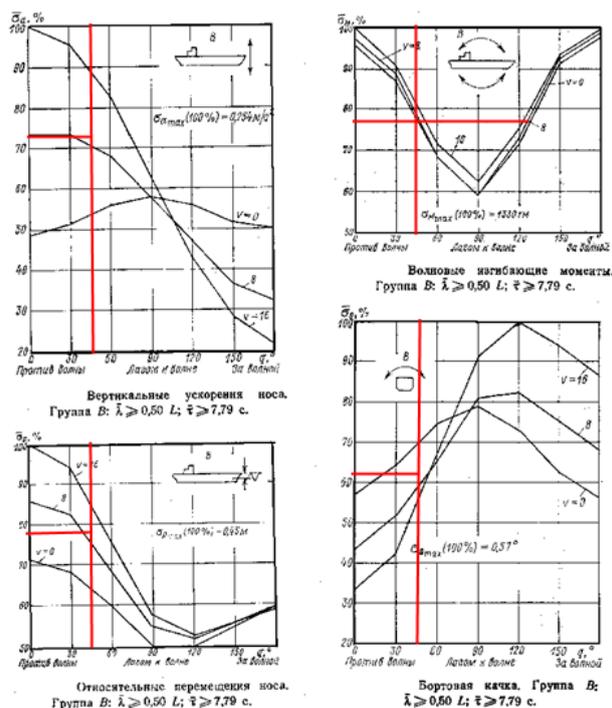


Рисунок 13 – Пример использования диаграмм Линдемманна

На рисунках 12 и 13 показан пример использования диаграмм для судна размерениями  $L \times B \times d = 150 \times 21,4 \times 8,91$  м, скорость ППХ 16,4 узла.

Допустим, что замеренный судоводителем период качки судна равен 9 секундам, а волнение встречное с КУ – 45 град. Скорость судна 9 узлов.

Входя по значениям периода качки и скорости судна, определяем, какую группу диаграмм использовать. В нашем случае точка пересечения параметров лежит в зоне В.

После, определив группу графиков, приступаем к определению искомым параметров. Входя со скоростью судна и КУ волнения в диаграммы, находим долю от максимального изменения значения параметра.

Например:

- максимальное значение изменения вертикального ускорения носа равно  $0,254 \text{ м/с}^2$ . Согласно построениям, по графику получено 73%.  $0,73 \cdot 0,254 = 0,185 \text{ м/с}^2$

- максимальное значение изменения волновых изгибающих моментов равно 1330 тм. Согласно построениям, по графику получено 78%.  $0,78 \cdot 1330 = 1037,4 \text{ тм}$ .

- максимальное значение изменения относительных перемещений носа равно 0,45 м. Согласно построениям, по графику получено 79%.  $0,79 \cdot 0,45 = 0,36 \text{ м}$ .

- максимальное значение изменения угла бортовой качки равно 0,57 град. Согласно построениям, по графику получено 62%.  $0,62 \cdot 0,57 = 0,35 \text{ град}$ .

После построений для текущего варианта скорости и КУ волнения, следует выполнить построения для других скорости и КУ. При этом одни параметры могут измениться в сторону улучшения, а другие – ухудшиться. Необходимо искать безопасный компромисс между параметрами [5].

Диаграммы К. Линдемманна являются хорошим инструментом для более глубокой оценки влияния качки на судно. Применение диаграмм осложняется тем, что на каждый вариант загрузки судна необходимо построение вспомогательных графиков, что также затруднительно в условиях работы экипажей современных судов.

Использование диаграмм для оценки вероятности возникновения слеминга и заливания. Основными опасными факторами килевой качки являются слеминг, заливание, а также бросинг и разгон винта. Слеминг – сильные удары днища судна о волну, а бросинг, захват судна попутной волной, может обернуться последующим опрокидыванием [1, 6].

Основными факторами, ведущими к возникновению вышеназванных явлений определены кажущийся период качки судна  $T_k$ , период волнения  $T_\psi$ , а также, длина волны  $\lambda$  [4,5].

При условиях:

$$\Delta = L \pm 20\%;$$

$$\tau_k \approx T_\psi,$$

вероятность возникновения слеминга и заливания наиболее высока.

Изменяя скорость и курс, судоводитель может управлять значением  $T_k$ .

Данные, получаемые судоводителями с диаграмм, являются косвенными в оценке возможности появления слеминга и заливания в тех или иных условиях качки. Ситуации заливания и слеминга могут иметь место в случаях, когда скорость судна близка к зоне усиленной килевой качки. Являясь процессами вероятностного возникновения, судоводитель не имеет возможности, воспользовавшись диаграммой Ю. В. Ремеза выяснить, с какой вероятностью в данных условиях судно выйдет на режимы, в которых будут возникать вышеуказанные явления. По диаграмме можно оценить только возможность попадания судна в условия усиленной качки, без оценки вероятности возникновения явлений слеминга и заливания. Диаграммы Линдемманна также дают лишь косвенную информацию об ускорениях и перемещениях носа судна, опираясь на которую, нельзя дать точный прогноз возникновения вышеупомянутых явлений.

Опираясь на вышесказанное, автор делает вывод о том, что информации, которой судоводитель располагает сейчас, недостаточно для комплексной оценки вероятности возникновения явлений заливания и слеминга, имеется необходимость в разработке новых видов диаграмм, номограмм, программного обеспечения.

Обзор способов оценки безопасности бортовой качки. Усиленная бортовая качка (УБК) может привести к различным последствиям, например, потере груза и даже опрокидыванию.

УБК проявляется в условиях, близких к резонансным, когда собственный период качки судна почти совпадает с кажущимся периодом волны [2, 3].

Для выхода из условий резонансной бортовой качки, судоводителю предлагается воспользоваться универсальной штормовой диаграммой Ю. В. Ремеза. На ней отмечаются резонансные зоны бортовой качки (РЗБК), а также, вектор судна. «Выводя» вектор из РЗБК, судно выходит из зоны усиленной качки.

Очевидно, что диаграмма может использоваться для определения сочетания курсов и скоростей, отвечающих резонансу качки и получения рекомендательной информации по выходу из резонансных зон. Морское волнение является нерегулярным, в нем присутствуют волны разных высот и длин. В связи с этим, диаграмма Ремеза имеет некоторые погрешности и может рассматриваться исключительно как средство получения рекомендательной информации.

Также для оценки реакций судна могут быть использованы консультативные диаграммы К. Линдемманна. Но в данном типе диаграмм также необходимо построение вспомогательных графиков индивидуально для судна и для разных осадок судна, что, при пользовании вспомогательными графиками, составленными только для судна в грузу и в балласте, повышает риск ошибки вследствие расчётов.

Важность оценки рисков при плавании в штормовых условиях невозможно переоценить. Имеющийся в настоящее время инструментарий позволяет получить информацию, которая по своему наполнению в некоторых ситуациях может не соответствовать запросам судоводителя. Либо же, сам судоводитель в условиях штормования может допустить ошибку, используя консультативный инструмент и анализируя полученную информацию, что может привести к трагическим последствиям. В настоящее время появляется необходимость решения задачи получения информации путем автоматизации процессов и создания интеллектуальных систем решения задач штормового плавания.

Интеллектуальная система (ИС) – система, способная решать творческие задачи, принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой лежат в памяти такой системы. В задачах штормового плавания также применим творческий подход решения проблемы в связи с невозможностью подведения всех параметров плавания под общий знаменатель – нет «идеального» шторма, который судоводитель и службы, обеспечивающие безопасность мореплавания, могли бы проработать идеально по всем функциям.

На первом этапе ИС должна быть способна проанализировать данные, поступающие от различных датчиков и выдать их в формате, легко и просто воспринимаемом судоводителем. Как результат дальнейшего внедрения в интегрированную систему мостика, ИС может не просто выдавать данные для судоводителя, но и предлагать способы решения навигационных

задач штормового плавания, например, прокладывать оптимальные маршруты расхождения с тропическими циклонами, заблаговременно уведомлять судоводителя о возможном попадании в зону УБК, зону бродинга и слеминга и т.д.

Но также не стоит забывать о том, что самым важным звеном в цепи безопасности мореплавания, несмотря на возможную высокую автоматизацию процессов, останется человек. И ключевым фактором безопасности будет являться именно уровень подготовки судоводителя, а не степень автоматизации процесса обработки информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородай И. К. Мореходность судов / И. К. Бородай, Ю. А. Нецветаев. – Л.: Судостроение, 1982. – 282 с.
2. Липис В. Б. Безопасные режимы штормового плавания судов / Липис В. Б., Ремез Ю.В. – М.: Транспорт, 1982. – 117 с.
3. Ремез Ю. В. Качка корабля. / Л.: Судостроение, 1983. – 328 с.
4. Сичкарёв В. И. Теоретические основы штормового плавания: монография / В. И. Сичкарёв, В. П. Умрихин, А. Г. Поминов, А. А. Приваленко. – Новосибирск: СГУВТ., 2021. – 210 с.
5. Сичкарёв В. И. Штормовое плавание: Часть I: учебное пособие / В. И. Сичкарёв – Новосибирск, изд – во СГУВТ, 2021. – 132 с.
6. Снопков В. И. Управление судном / В. И. Снопков – 3 – е изд., перераб. и доп. – Санкт – Петербург: Проффессионал, 2004. – 536 с.

REFERENCES

1. Borodai I. K. Seaworthiness of ships / I. K. Borodai, Yu. A. Netsvetaev. – L.: Shipbuilding, 1982. – 282 p.
2. Lipis V. B. Safe modes of stormy navigation of ships / Lipis V. B., Remez Yu.V. – M.: Transport, 1982. – 117 p.
3. Remez Yu. V. Ship pitching. / L.: Shipbuilding, 1983. – 328 p.
4. Sichkarev V. I. Theoretical foundations of storm navigation: monograph / V. I. Sichkarev, V. P. Umrikhin, A. G. Pominov, A. A. Privalenko. – Novosibirsk: SGUVT., 2021. – 210 p.
5. Sichkarev V. I. Stormy sailing: Part I: textbook / V. I. Sichkarev – Novosibirsk, publishing house of the SSUV, 2021. – 132 p.
6. Snopkov V. I. Ship management / V. I. Snopkov – 3rd ed., reprint. and additional – St. Petersburg: Professional, 2004. – 536 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Качка, судно, диаграмма, штормовое плавание, безопасность мореплавания.  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Тарасенко Максим Дмитриевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ОБУЧАЮЩИМИСЯ ФАКУЛЬТАТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ» НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ПЛОСКИХ ФИГУР

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**П.А. Бимбереков, Д.А. Волов, А.Д. Емельянов, В.Ю. Гуров**

**PROBLEMS OF STUDENTS MASTERING THE OPTIONAL DISCIPLINE “METHODS AND OPTIMIZATION ALGORITHMS” USING THE EXAMPLE OF STUDYING THE MOMENTS OF INERTIA OF PLANE FIGURES**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**P.A. Bimberekov** (Doctor of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**D.A. Volov** (Student of SSUWT)

**A.D. Yemelyanov** (Student of SSUWT)

**V.Yu. Gurov** (Student of SSUWT)

**ABSTRACT:** The general scheme of the optimization algorithm is considered using the example of determining the moment of inertia of a rectangle. The results of students solving problems to determine the moments of inertia of several plane figures are presented. Judgments are given by students and the leading teacher about the difficulties encountered in implementing the optimization procedure, which characterize the development of the competencies required by the program during training.

**Keywords:** General optimization algorithm, moment of inertia of a flat figure, complexity of the optimization procedure.

Рассмотрена общая схема алгоритма оптимизации на примере определения момента инерции прямоугольника. Приведены результаты решения обучающимися задач по определению моментов инерции нескольких плоских фигур. Даются суждения обучающихся и ведущего преподавателя о имеющих место сложностях осуществления процедуры оптимизации, характеризующих освоение в ходе обучения требуемых программой компетенций.

В ходе ведения, оговоренного в названии статьи, курса обучающимся была представлена схема построения математической модели и задачи оптимизации рис.1, содержащая составные части процесса формирования математической модели и формулирования математической задачи рисунок 1, описанная, например, в [1].

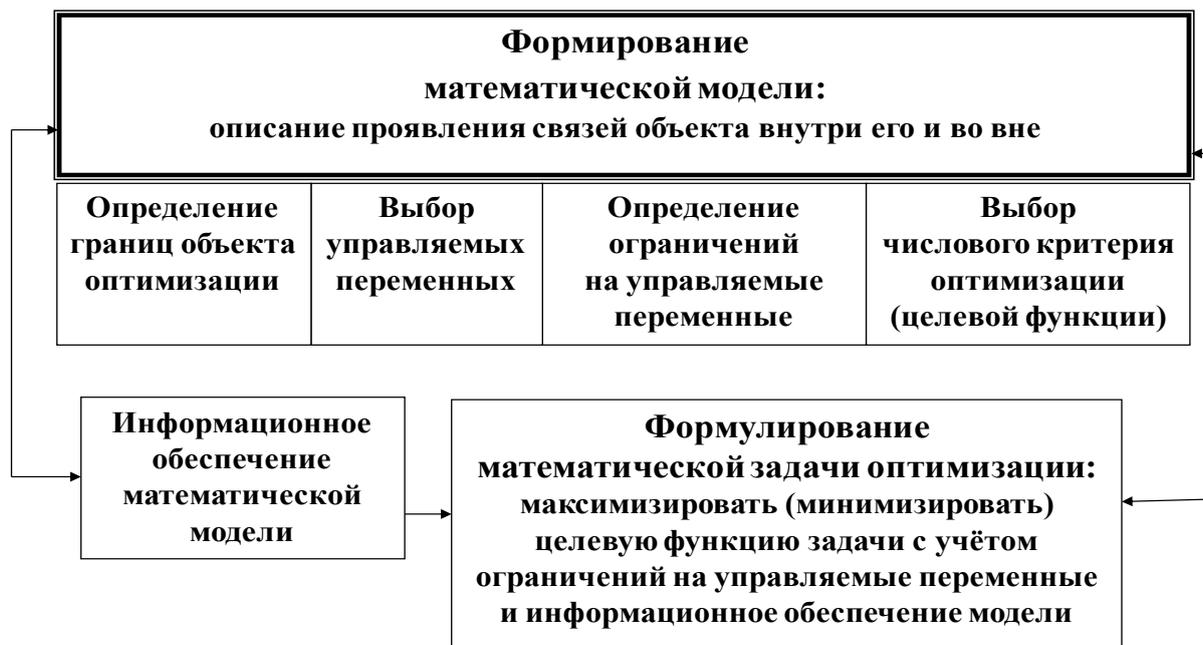


Рисунок 1 – Схема взаимосвязи формирования математической модели и формулирования математической задачи

Далее был дан нижеследующий простейший пример оптимизации при получении минимального момента инерции прямоугольника и предложено обучающимся выбрать себе вариант плоской фигуры для поиска аналогичного решения для него. Однако решение такой задачи вызвало сложности у обучающихся. В качестве стимулирования нахождения решения (освоения курса) и выявления «узких» мест в подготовке, обучающимся была предложена совместная публикация (настоящей статьёй реализуется) в случае, если они осмыслят и выскажутся о трудностях получения искомого результата. Сразу отметим, что для большинства изучающих курс магистрантов задача оказалась столь трудной, что они сочли за более удачное для себя его не заканчивать.

Простейший пример оптимизации.

Задача. Нахождение положения оси прямоугольника, параллельной его стороне с образованием относительно неё минимального момента инерции площади этого прямоугольника и значения этого момента.

На рисунке 2 представлен прямоугольник и построения на нём для формирования математической модели задачи. В прямоугольнике со сторонами  $t$  и  $h$  дана ось  $Y-Y$  параллельная стороне  $t$ , отстоящая от неё на расстояние  $b$ . От оси  $Y-Y$  на расстоянии  $z$  двумя параллельными осями секущими линиями, проведёнными друг относительно друга на бесконечно малом расстоянии  $dz$ , выделена элементарная площадь  $dF$ .

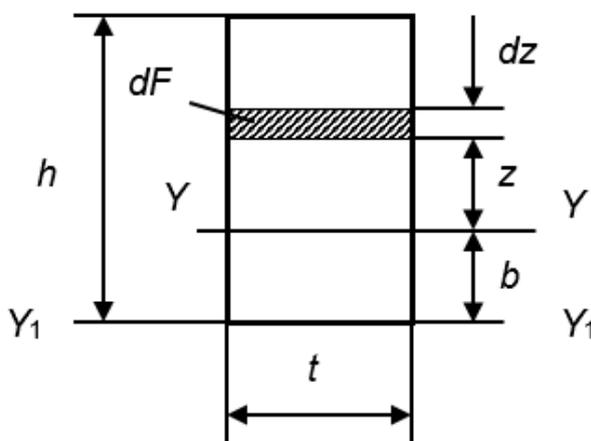


Рисунок 2 – К определению минимального значения момента инерции площади прямоугольника

1. Определение границ оптимизации.

Возьмём в рассмотрение прямоугольник со сторонами  $t$  и  $h$ .

2. Выбор управляемых переменных.

В качестве управляемой переменной выберем, вполне очевидно, только одну – значение отстояния искомой оси  $Y-Y$  от выбранной стороны прямоугольника,  $b$ . То есть предпринимаемая оптимизация является одномерной.

3. Определение ограничений на управляемые переменные.

Считаем, что искомая ось  $Y-Y$  лежит в пределах площади прямоугольника на расстоянии  $b$  от одной из сторон длиной  $t$ , т.е.  $b \leq h$ .

4. Выбор числового критерия оптимизации.

Единственным критерием оптимизации является нахождение минимального значения момента инерции площади сечения прямоугольника,  $I_y$ . Иначе говоря, целевая функция задачи опишется выражением  $I_y \rightarrow \min$ .

5. Информационное обеспечение математической модели.

Момент инерции площади есть по своей сути переносной момент, т.е. произведение площади на квадрат расстояния до выбранной оси. Причём каждая рассматриваемая площадь имеет свой собственный момент инерции. Взяв в рассмотрение элементарные площади  $dF = t \cdot dz$  (рисунок 2) относительно оси в пределах этой площади получаем переносной момент порядка  $t \cdot (dz)^3$ , т.е. величину третьего порядка малости. Разовое интегрирование понизит порядок малости до второго, что позволяет вследствие несущественности не принимать в расчёт собственные моменты инерции элементарных площадей  $dF$  (вопрос о собственном моменте инерции элементарной площади обычно не поднимается, здесь дан для полного разъяснения обучающимся вопроса).

Тогда переносной момент относительно оси  $Y-Y$  опишется выражением (рисунок 1, 2):

$$I_{Y-Y} = \int_{-b}^{h-b} dF \cdot z^2 + C = \int_{-b}^{h-b} t dz \cdot z^2 + C = t \int_{-b}^{h-b} z^2 dz + C = t \left. \frac{z^3}{3} \right|_{-b}^{h-b} + C =$$

$$= \frac{t}{3} [(h-b)^3 - (-b)^3] + C = \{ \text{в точке } z = -b \rightarrow I_{Y-Y} = 0 \Rightarrow C = 0 \} = \frac{t}{3} [(h-b)^3 + b^3]. \quad (1)$$

Решение задачи (аналитическое)

Отыщем экстремум функции  $I_{Y-Y}$  в зависимости от положения оси  $Y-Y$  (рисунок 2), приравняв нулю её дифференциал по значению  $b$ :

$$\frac{dI_{Y-Y}}{db} = 0 = \frac{t}{3} [3(h-b)^2(-1) + 3b^2] \quad (2)$$

Считая, очевидным, что  $t \neq 0$  из (1.3) получим оптимальное значение величины  $b$ :

$$-(h-b)^2 + b^2 = 0 \Rightarrow b = h/2 \quad (3)$$

Отметим, что в этом случае ось  $Y-Y$  проходит через центр тяжести рассматриваемого сечения.

Легко убедиться, что в этом случае будем иметь минимум функции  $I_{Y-Y}$ , для чего воспользуемся достаточным условием минимума, если при обращении в точку первой производной функции в ноль вторая будет иметь положительное значение. Получим вторую производную функции  $I_{Y-Y}$  дифференцированием (2)

$$\frac{d^2 I_{Y-Y}}{db^2} = t [2(h-b)^2(-1)^2 + 2b] \quad (4)$$

и, подставив значение  $b = h/2$ , получим:

$$t [2(h - h/2)^2 + 2h/2] = t [2(h/2)^2 + 2h/2] = t [h^2/2 + 2h/2] > 0,$$

таким образом, считаем доказанным, что при значении  $b = h/2$  имеем минимум функции  $I_{Y-Y}$ .

Определим теперь значение  $I_{\min}$ :

$$I_{\min} = t \int_{-h/2}^{+h/2} z^2 dz = t \left. \frac{z^3}{3} \right|_{-h/2}^{+h/2} = \frac{t}{3} [(h/2)^3 - (-h/2)^3] = \frac{t}{3} \left[ \frac{h^3}{8} + \frac{h^3}{8} \right] = \frac{th^3}{12} \quad (5)$$

Решение задачи (численное)

Возьмём в рассмотрение моменты инерции  $Y-Y$  при двух, очевидно, характерных значениях  $b=h/2$  и  $b=0$ . Обозначим площади выше и ниже оси  $Y-Y$  соответственно через  $F_1$  и  $F_2$ . Получим значение момента инерции площади прямоугольника  $при b=h/2$ , где собственные моменты инерции этих площадей, очевидно, следует учесть:

$$\begin{aligned} I_{\min} &= I_{\text{соб}}(F_1) + I_{\text{соб}}(F_2) + I_{\text{пер}}(F_1) + I_{\text{пер}}(F_2) = \\ &= \left\langle m.к. I_{\text{соб}}(F_1) = I_{\text{соб}}(F_2) = \frac{t(h/2)^3}{12} \right\rangle = \\ &= 2t \frac{(h/2)^3}{12} + t(h/2) \left( \frac{h/2}{2} \right)^2 + t(h/2) \left( \frac{-h/2}{2} \right)^2 = \\ &= th^3 \left[ \frac{1}{48} + \frac{1}{32} + \frac{1}{32} \right] = th^3 \left[ \frac{2}{96} + \frac{3}{96} + \frac{3}{96} \right] = \frac{th^3}{12}, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $I_{\text{соб}}(F_1)$  и  $I_{\text{соб}}(F_2)$ ;  $I_{\text{пер}}(F_1)$  и  $I_{\text{пер}}(F_2)$  – собственные и переносные моменты площадей  $F_1$  и  $F_2$ , зависимость для собственного момента инерции площади прямоугольника (относительно оси проходящей через его центр тяжести) в этом случае считаем справочными данными.

Далее определим для сравнения с (6) значение момента инерции прямоугольника относительно оси  $Y_1-Y_1$ , т.е. при  $b=0$  (рисунок 2):

$$\begin{aligned} I_{Y_1-Y_1} &= I_{\text{соб}}(F_{\square}) + I_{\text{пер}}(F_{\square}) = \left\langle m.к. I_{\text{соб}}(F_{\square}) = \frac{th^3}{12} \right\rangle = \\ &= \frac{th^3}{12} + th \left( \frac{h}{2} \right)^2 = th^3 \left[ \frac{1}{12} + \frac{1}{4} \right] = \frac{th^3}{3}, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $I_{\text{соб}}(F_{\square})$  и  $I_{\text{пер}}(F_{\square})$  – соответственно собственный момент инерции площади прямоугольника относительно собственной центральной оси и переносной момент этой площади относительно оси  $Y_1-Y_1$ .

Из сравнения (6) и (7) имеем, что момент инерции, полученный относительно собственной центральной оси является минимальным (можно для самопроверки было взять для большей уверенности в полученном результате и промежуточные варианты положения оси сравнения  $Y_1-Y_1$ , например, при  $b=\{h/4; 3/4h\}$ ).

Для обучающихся дополнительно была конкретизирована последовательность действий при рассмотрении моментов инерции выбранных ими плоских фигур в виде:

- формирование геометрической расчётной модели типа представленной на рисунке 2;
- определение выражения вида  $t(z)$ ;
- получение элементарной площади  $dF=t \cdot dz$ ;

– получение интеграла  $I_{Y-Y} = \int_{-b}^{h-b} t(z) dz \cdot z^2$  (желательно вручную, иначе при помощи специальных программ);

- решение уравнения  $\frac{dI_{Y-Y}}{db} = 0$  с получением значения  $b$  при экстремальном  $I_{Y-Y}$ ;

– получение  $\frac{d^2 I_{Y-Y}}{db^2}$  и определение её знака для заключения о виде экстремума при установленном значении  $b$ .

При сложном виде фигуры обучающимся было предложено использовать метод начальных параметров.

Результаты работы обучающихся. В конце курса из семи обучающихся, начавших его освоение, сохранилось только трое (соавторов настоящей статьи) остальные сочли для себя более приемлемым не затрудняться на предмет достижения поставленной задачи. Результаты хода полученных решений и суждения о сложности работы обучающихся сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчётов и суждения обучающихся

Фигуры	треугольник	трапеция	полукруг
<p>Переносной момент относительно оси Y-Y описывается выражением</p>	$I_{Y-Y} = \int_{-b}^{h-b} \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \times (h-b-z) z^2 dz =$ $= \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \times \left(\frac{h^4}{12} - \frac{h^3 b}{3} + \frac{h^2 b^2}{2}\right) + C^*$	$I_{Y-Y} = \int_{-b}^{h-b} t - 2(b+z) \frac{t}{6h} z^2 dz =$ $= \frac{th}{36} (9h^2 - 28hb + 30b^2) + C^*$	$I_{Y-Y} = \int_{-b}^{h-b} 2\sqrt{r^2 - (b+z)^2} z^2 dz =$ $= \frac{\pi r^4}{8} + \frac{\pi r^2 b^2}{2} - \frac{r^3 b}{2} + C^*$
<p>Находим экстремум функции <math>I_{Y-Y}</math> в зависимости от положения оси Y-Y, приравнявая к нулю ее дифференциал по значению <math>b</math></p>	$\frac{dI_{Y-Y}}{db} = 0 =$ $= \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \left(-\frac{h^3}{3} + h^2 b\right) =$ $= \left\{ \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{t}{2h} \right\} =$ $= \frac{t}{2h} \left(-\frac{h^3}{3} + h^2 b\right)$	$\frac{dI_{Y-Y}}{db} = 0 =$ $= \frac{t}{9} h(-7h + 15b)$	$\frac{dI_{Y-Y}}{db} = 0 =$ $= \pi r^2 b - \frac{4}{9} r^3$
<p>Получаем оптимальное значение <math>b</math></p>	$b = \frac{1}{3} h$	$b = \frac{7}{15} h$	$b = \frac{4}{3\pi} r =$ $= 0,4244r$
<p>Определяем вторую производную для заключения о виде экстремума</p>	$\frac{d^2 I_{Y-Y}}{db^2} = \frac{1}{2} th > 0$ <p>→ min</p>	$\frac{d^2 I_{Y-Y}}{db^2} = \frac{5}{3} th > 0$ <p>→ min</p>	$\frac{d^2 I_{Y-Y}}{db^2} = \pi r^2 > 0$ <p>→ min</p>
<p>Определяем минимальное значение момента инерции</p>	$I_{min} = \frac{bh^3}{36}$	$I_{min} = \frac{37}{540} h^3 t$	$I_{min} = 0,110r^4$
<p>Суждения магистрантов</p>	<p>При решении задачи столкнулся с проблемой составления верного интегрального уравнения для переносного момента инерции. Также были сложности с решением задачи с помощью программы «Mathcad». Несколько раз программа не могла предоставить решение уравнений по причине неверного распознавания программой введённых данных</p>	<p>При расчёте данной задачи основные трудности были вызваны тем, что я не понимал по какому принципу выводится формула площади сечения трапеции и на основании каких данных</p>	<p>При решении данной задачи трудность составило описание длины <math>t = t(z)</math> и дальнейший математический расчёт по нахождению экстремума функции <math>I_{Y-Y}</math>. При математическом расчёте результаты не сходились с истинными значениями из-за ошибки в решении. Воспользовавшись программным средством «Mathcad» удалось получить истинное значение</p>
<p><math>C^* = 0</math> – во всех трёх случаях из условия выражения (1)</p>			

По мнению ведущего дисциплины преподавателя (первого соавтора статьи) обучающиеся оказались не готовыми к, в общем-то, не особенно сложным аналитическим манипуляциям. Вероятно, математическая подготовка обучающихся должна быть усилена ещё на уровне бакалавриата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лесин В. В., Лисовец Ю. П. Л 50 Основы методов оптимизации: Учебное пособие. – 4-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 344 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

REFERENCES

1. Lesin V.V., Lisovets Yu.P. L 50 Fundamentals of optimization methods: Textbook. – 4th ed., stereotypical. – St. Petersburg: Lan Publishing House, 2016. – 344 p.: ill. – (Textbooks for universities. Special literature).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Общий алгоритм оптимизации, момент инерции плоской фигуры, сложности процедуры оптимизации.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Бимберекоев Павел Александрович, доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Волов Даниил Андреевич, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Емельянов Андрей Дмитриевич, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Гуров Вадим Юрьевич, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ШВАРТОВЫХ ОПЕРАЦИЯХ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**С.В. Трошина**

**WAYS TO INCREASE SAFETY DURING MOORING OPERATIONS**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**S.V. Troshina** (Assoc. Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article provides statistics on injuries during mooring operations and methods that can reduce the number of incidents occurring during mooring operations.

**Keywords:** *Mooring, vessel, equipment, mooring rope, safety.*

В статье приведена статистика травмирования при швартовых операциях и способы, которые могут позволить снизить количество инцидентов, происходящих во время швартовых операций.

Спрос на морские перевозки неуклонно растёт по всему миру. Данная тенденция приводит к тому, что становится выгоднее использовать суда с большим тоннажем, чтобы удовлетворять спрос потребителей. Однако, чем больше судно – тем сложнее его эксплуатация. Под эксплуатацией подразумевается такие операции как управление судном и его обслуживание, якорные операции, швартовые операции. Среди перечисленных операций – швартовка судна является наиболее опасной и сложной. Она требует совместных усилий, как экипажей судов, так и работников порта. Для того, чтобы обеспечить быструю и безаварийную швартовку судна существуют различные способы. Стандартным способом является использование швартовых концов, которые крепятся на причальных тумбах, а затем обтягиваются на судне.

Швартовое оборудование, включая тросы, должны быть пригодными для использования, для этого тщательно проверяются и осматриваются. Швартовые механизмы смазываются и опробуются в действии, проверяются поверхности киповых планок, роульсов, клюзов, битенгов они должны быть гладкими для предупреждения преждевременного износа тросов. Ролики, направляющие роульсы должны легко вращаться, регулярно смазываться. Следует особо обращать внимание на целостность сварных и болтовых соединений. При подготовке швартовых – не допускать их перекручивания. В процессе швартовки судна, риск разрыва швартового конца самый высокий, так как с целью снизить скорость судна- первым швартовым подают шпринг, в следствии этого он находится в максимальном напряжении, швартовая команда обязана находиться в безопасной зоне. Особая сложность – швартовка в море, во льдах, в шлюзе.

Однако растущая сложность данной операции в связи с увеличением тоннажа привела к тому, что швартовое устройство судно претерпело огромные изменения. И на сегодняшний

день существуют различные современные системы швартовки судов, такие как: лазерная система, система контроля натяжения швартовых концов, вакуумная система швартовки, магнитная система швартовки, система швартовки на основе захвата,

Влияние современных систем и средства, используемых при швартовых операциях на процесс швартовки, безусловно, нельзя переоценивать. Использование этих систем позволяет уменьшить аварийность и травматичность швартовых операций. Оказывают ли они влияние на общую безопасность при швартовке? Определённо оказывают. Тем не менее, количество инцидентов на торговом флоте если и изменилось, то незначительно. Проблема в том, что швартовые канаты на данный момент – основное средство швартовки судов, так как системы автошвартовки встречаются довольно редко. Стоимость систем автошвартовки во много раз превышает стоимость стандартного швартового оборудования порта, а также их установка носит необязательный характер. Поэтому большая часть инцидентов происходит в результате работы со стандартным швартовым оборудованием (швартовые тросы, лебёдки). Чтобы разобраться, почему это происходит необходимо проанализировать статистику инцидентов за последние несколько лет.

В процессе швартовки на безопасность влияет огромное количество факторов:

- исправность швартового оборудования;
- правильность управления судном в процессе швартовых операций;
- качество швартовых концов;
- наличие защитной экипировки;
- погодные условия;
- качество подготовки швартовой команды.
- согласованность связи «судно - берег»;
- правильная схема швартовки;
- проблемы связи в процессе швартовых операций.

Для определения основного фактора необходимо обратиться к статистике. Следующие данные предоставлены центром специальной подготовки Hanza. Данные собраны на основе анализа инцидентов за последние 20 лет. На рисунке 1 показана статистика типов травм, получаемых людьми в процессе швартовых операций. Как можно видеть из графика, в основном происходит травма ног, затем на втором месте находятся травма спины и смерть.



Рисунок 1 – Типы травм

В результате чего происходят подобные травмы? Для этого необходимо обратить внимание на статистику причин травмирования в процессе швартовых операций, которая приведена на рисунке 2.

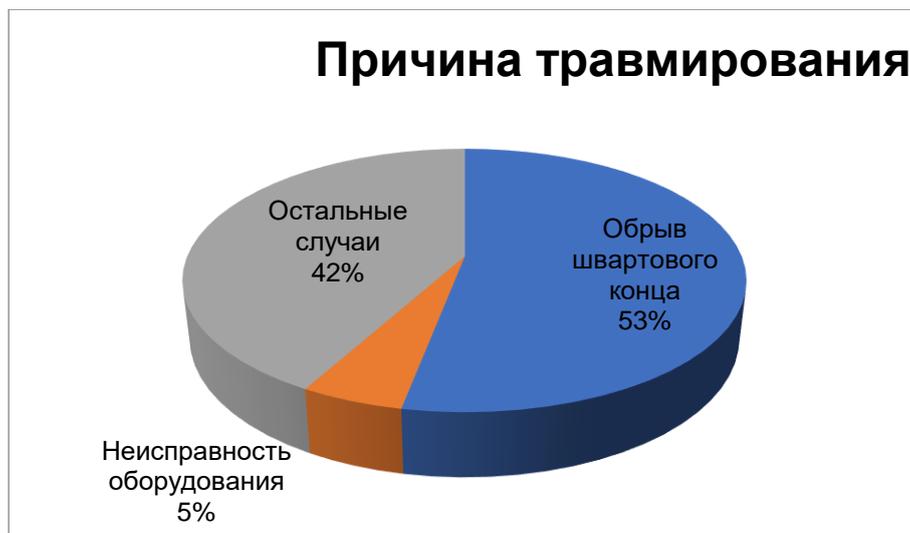


Рисунок 2 – Причина травмирования

На рисунке 2 под остальными случаями следует понимать инциденты, произошедшие в результате несоблюдения техники безопасности при работе со швартовым устройством.

Как видно из диаграммы, более половины всех инцидентов приходятся на обрыв швартового конца. Во внимание следует также принимать то, что каждый 7 случай при обрыве швартового конца – смертельный. Почему обрыв швартового конца настолько опасен? Для ответа на данный вопрос необходимо разобраться в причинах, которые приводят к обрыву швартового конца.

Основной причиной обрыва швартового конца является превышение его минимальной нагрузки на разрыв (MBS). MinimumBreakingStrength (MBS) – минимальная нагрузка на разрыв, такая маркировка, указывает минимальную разрушающую нагрузку, воздействие которой на элемент оборудования, может привести к его разрушению. Превышение минимальной нагрузки на разрыв ведёт к обрыву троса. Наибольшую опасность в себе таят синтетические швартовые тросы, поскольку они могут растягиваться до 23% (для полиамидных тросов) от своей начальной длины. При обрыве аккумулированная сила натяжения заставляет трос восстановить первоначальную длину почти мгновенно. В результате оборвавшиеся части тросов отскакивают в направлении закрепленных концов или дальше за них с огромной скоростью. Согласно последним тестам, средняя скорость с которой оборвавшиеся части летят в направлении закреплённых концов – 800 км/ч. Очевидно, что тот человек, который находится в зоне выхлеста (рисунок 3), рискует получить серьезную травму или погибнуть.

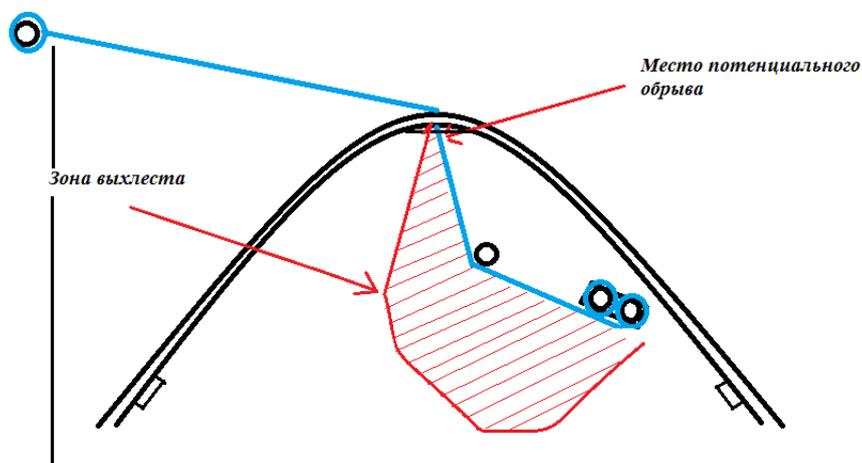


Рисунок 3 – Зона выхлеста

Основную опасность представляют синтетические тросы. Синтетические тросы на данный момент являются основным типом швартовых тросов. Использование тросов из синтетических материалов обосновано рядом преимуществ:

- низкая себестоимость и конечная цена;
- меньший вес относительно натуральных тросов;
- при тех же показателях синтетический трос прочнее и эластичнее, обладает упругостью и возможностью выдерживать большие нагрузки;
- не подвержены гниению, образованию плесени, воздействию микроорганизмов и порче грызунами и насекомыми;
- обладает хорошей износостойкостью – хорошо переносит ударные нагрузки, механические воздействия, истирание;
- не подвержены воздействию щелочей и слабых кислот;
- хорошо переносит температурные колебания от минус 40° до плюс 60° по Цельсию.

К минусам можно отнести:

- синтетическая веревка имеет свойство электризоваться;
- теряет прочность при длительном воздействии ультрафиолетовых лучей;
- сильное растяжение при нагрузке (до 23% от первоначальной длины).

Принимая во внимание вышесказанное можно с уверенностью сказать, что синтетические канаты имеют огромное количество преимуществ по сравнению с канатами из натуральных материалов. А значит их использование на флоте – весьма обоснованное решение. Следовательно, отказ от использования синтетических канатов – очень неэкономичное и неэффективное решение. Вопрос в том, как снизить травмоопасность при работе с синтетическими канатами. Очевидно, что основное внимание стоит уделить на то, как уменьшить зону выхлеста такого каната. Такого рода решение должно соответствовать следующим критериям:

- иметь низкую себестоимость;
- быть лёгким в производстве;
- должно быть лёгким в обращении.

Это средство должно решать проблему – уменьшение зоны выхлеста швартового каната.

Наиболее подходящим решением для данной проблемы, которое соответствует всем критериям, будет являться использование швартовых канатов, изготовленных с использованием технологии SBA(SnapBackArrestor).

Snap Back Arrestor представляет собой энергопоглощающий сердечник (рисунок 4), расположенный внутри 12-прядного плетеного каната из сополимерного волокна. Технология, заложенная в это инновационное решение, заключается в способности SBA-сердечника каната поглощать энергию. Помимо этого, сердечник имеет большее растяжение при нагрузке (около 23%), чем внешний слой. Поэтому при разрыве внешней основной оплётки сердечник продолжит растягиваться и, даже в случае обрыва, будет иметь много меньшую силу удара.



Рисунок 4 – Швартовый канат с сердечником

В случае разрыва несущих нагрузку элементов каната SBA-сердечник поглотит высвободившуюся энергию выхлеста, в результате чего его амплитуда значительно уменьшится (рисунок 5).



Рисунок 5 – Обрыв SBAканата

При использовании швартовых с SBA, резко снижается вероятность получения травм для персонала во время швартовых операций. Повсеместное внедрение швартовых данного типа позволит в 2 раза сократить количество инцидентов, происходящих во время швартовых операций. Технические характеристики швартовых канатов, изготовленных с использованием SBA, указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики двенадцатипрядного SBAканата

Материал	75% полиолефин 25 % высокопрочный полиэфир
Цвет	Синий и белый для индикации скручивания
Устройство	12-рядный плетёный канат с SBAсердечником
Плотность кг/м <sup>3</sup>	0,99
Удлинение, %	18% при разрыве
Огоны	1,8-м огоны в защитной плетёной оболочке
Температура плавления	165°С
Водопоглощение	Менее 1%

Немаловажным будет сравнить минимальное усилие на разрыв SBAканата с другими синтетическими канатами (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнение усилия на разрыв разных синтетических канатов

Диаметр, мм	Разрывная нагрузка, кгс		
	Полиамидный канат	Полипропиленовый канат	SBA канат
40	300	194	256
48	420	272	316
56	560	360	509
64	720	466	633
72	900	585	852

Использование швартовых канатов, изготовленных с применением технологии SBA прежде всего является весьма выгодным решением. Стоимость швартовых изготовленных по такой технологии немногим отличается от швартовых того же диаметра, но без сердечника. В таблице 3 приведена стоимость 1 метра швартовых различных диаметров.

Анализируя данные таблицы, следует сказать, что SBA канаты дороже обычных синтетических канатов в среднем на 26%, однако стоит учитывать, что это средство практически лишено главного недостатка синтетических канатов – большой зоны выхлеста. Учитывая это, покупка швартовых канатов данного типа имеет весьма обоснованные причины. Внедрение данной технологии SBA (SnapBackArrestor), позволит снизить количество инцидентов, происходящих во время швартовых операций вдвое.

Таблица 3 – Стоимость 1 метра швартовых разного типа и диаметра

Диаметр изделия	Материал синтетического каната		
	Полиамидный канат восьмипрядный, плетёный	Полипропиленовый канат восьмипрядный, плетёный	SBA канат двенадцатипрядный, плетёный
	Стоимость в Российских рублях		
40 мм	411,25	211,51	512,2
48 мм	564	296,25	701,7
56 мм	759,24	406,28	961,32
64 мм	987	526,6	1317
72 мм	1273,55	661,39	1804,3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Компания Cavotec : официальный сайт. - Лугано. - URL: <http://www.cavotec.com/> (дата обращения 10.02.2024) - Текст: электронный
2. Портовое оборудование и спецтехника : официальный сайт. - Вашингтон. - URL: <http://www.prosertek.com/> (дата обращения 18.02.2024) - Текст: электронный
3. Компания Norbulk : официальный сайт. - Лондон. - URL: <https://www.hmm.lv/>. (дата обращения 09.02.2024) - Текст: электронный
4. Акционерное общество Канат : официальный сайт. - Коломна. - URL: <http://www.kanat-kolomna.ru/>. (дата обращения 10.02.2024) - Текст: электронный

REFERENCES

1. Cavotec Company : official website. - Lugano. - URL: <http://www.cavotec.com/> (accessed 02/10/2024) - Text: electronic
2. Port equipment and special equipment : official website. - Washington. - URL: <http://www.prosertek.com/> (accessed 02/18/2024) - Text: electronic
3. Norbulk Company : official website. - London. - URL: <https://www.hmm.lv/>. (accessed 09.02.2024) - Text: electronic
4. Kanat Joint Stock Company : official website. - Kolomna. - URL: <http://www.kanat-kolomna.ru/>. (accessed 02/10/2024) - Text: electronic

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*Швартовка, судно, оборудование, швартовый канат, безопасность.*

*Трошина Светлана Викторовна, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ДВУМЕРНЫЕ АЛЛОТРОПНЫЕ МОДИФИКАЦИИ УГЛЕРОДА В ГРАФИТЕ, ПРОМЫШЛЕННОЙ И ДИЗЕЛЬНОЙ САЖЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.П. Пушкин, А.С. Дмитриев, С.П. Андрищенко

### TWO-DIMENSIONAL ALLOTROPIC MODIFICATIONS OF CARBON IN GRAPHITE, INDUSTRIAL AND DIESEL SOOT

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

V.P. Pushnin (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

A.S. Dmitriev (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

S.P. Andryushchenko (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article provides a comparison of soot crystallites with graphite crystals. The general thing is that they are three-dimensional allotropes of a rounded shape, consisting of parallel layers with tightly compressed six-membered rings. The layer in graphite is a two-dimensional modification called graphene. The layer in industrial and diesel soot is a hydrocarbon, and it can be considered as a chemical modification of graphene – graphane.

**Keywords:** Allotropic modifications of carbon, graphene, graphane, soot in diesel engine.

В статье дано сравнение кристаллитов сажи с кристаллами графитов. Общее – это трехмерные аллотропы углерода, состоящие из параллельно расположенных слоев с плотно упакованными шестичленными кольцами. Слой в графите является двумерной модификацией углерода, называемой графеном. Слой в промышленной и дизельной саже является углеводородом, и его можно рассматривать как химическую модификацию графена – графан.

Выходцы из России К. С. Новоселов и А. К. Гейм создали материал с уникальными свойствами – графен. За это они стали лауреатами Нобелевской премии по физике в 2010 году [1].

Инновационные сферы научной и промышленной деятельности с использованием графена, согласно [2]:

- решение проблемы чистой воды, загрязнения окружающей среды и изменения климата;
- перспективы создания полноценных конечностей, органов и даже нервов;
- экологичные источники энергии;
- гибкие дисплеи смартфонов;
- сверхтонкая одежда, выдерживающая низкие температуры;
- быстрые компьютеры;
- легкие самолеты.

Существуют три типа графита [3]:

- природный графит;
- спелевый или киш-графит (выделения графита, кристаллизующиеся в процессе выплавки чугуна);
- искусственный графит (образуется при дегидрировании и полимеризации углеводородов из конденсированной или газовой фазы) [4].

Известно, что в основном состоянии атомы углерода имеют электронную конфигурацию  $1s^2 2s^2 2p^2$ , в соответствие с которой на втором энергетическом уровне находятся два s-электрона и два p-электрона.

Однако для углерода в большинстве соединений характерна гибридизация 2s-электронов (шаровая форма электронного облака) и 2p-электронов (гантелеобразная форма электронного облака) с образованием гибридизированных связей  $sp^3$ ,  $sp^2$  или  $sp$  [4, 5]. Для углерода с  $sp^3$  гибридизацией характерно образование трехмерных соединений, а с  $sp$  гибридизацией – линейная форма. Для молекул с  $sp^2$  гибридизацией углерода характерна плоская форма.

Гибридизацию углерода  $sp^2$  имеют графит, сажа, а также такие углеродные наноструктуры как нанотрубки и фуллерены.

На рисунке 1 показаны строение кристалла графита и кристаллита сажи.

Кристалл графита состоит из множества слоев, расположенных параллельно друг другу (рисунок 1а). Порядок расположения атомов внутри базисной плоскости (слоя) точно повторяется через слой. Между слоями действует слабая Ван-дер-Ваальсова межслойная связь, поддерживающая слои на расстоянии  $l_c$ , равном 0,335 нм. друг от друга.

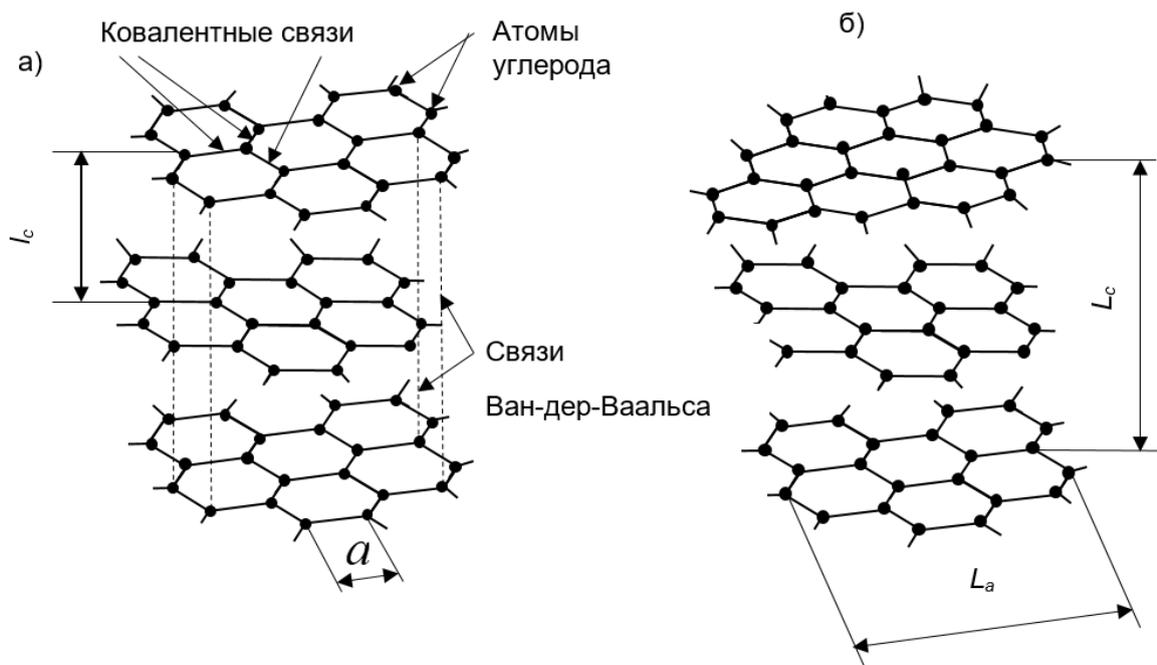


Рисунок 1—Трехмерные (3D) аллотропы углерода:  
а – кристалл графита; б – кристаллит сажи

Слой состоит из атомов углерода, расположенных в узлах гексагональной решетки. Каждый атом в слое связан с тремя соседними и находится от них на расстоянии  $a$ , равном 0,142 нм. На рисунке показано расположение центров тяжести атомов углерода, в действительности атомы по ребру  $a$  сближены до соприкосновения. В результате между тремя атомами в базисной плоскости устанавливается сильный ковалентный химический тип связи (с обобществленными валентными электронами соседних атомов) [6].

В отличие от серединных, краевые атомы имеют менее трех соседей. Обычно оставшиеся валентности насыщены водородом. В природном графите из-за больших размеров базисных плоскостей доля краевых атомов небольшая, и поэтому содержание водорода незначительно.

Внутренняя структура частиц сажи изучалась с использованием рентгеноструктурных исследований и с помощью электронных микроскопов. Установлено, что частица сажи состоит из мелких кристаллитов. Строение кристаллитов достаточно подробно было описано уже в 60-е годы [7] и взгляды на строение кристаллитов не претерпели изменений до настоящего времени [8, 9].

Кристаллит сажи (рисунок 1б) состоит из параллельно расположенных нескольких, обычно от 2 до 5, базисных плоскостей. Слой, как и в графите, образован из плотно упакованных шестичленных колец (гексагонов), в вершинах которых расположены атомы углерода. Расстояние между соседними атомами также 0,142 нм.

Расстояние  $l_c$  между слоями колеблется в пределах 0,345–0,370 нм, следовательно, значительно больше, чем между атомами внутри слоя. Размер послойных плоскостей  $L_a$  находится в пределах 1,5–3,0 нм, а размер  $L_c$  кристаллита перпендикулярно плоскости слоя примерно 1–2 нм.

В структуре сажи слои развернуты относительно друг друга или смещены горизонтально в одной и той же плоскости. Подобное строение трудно назвать кристаллическим, и в мировой практике его называют турбостратическим, что означает буквально «неупорядоченно-слоевым».

Из кристаллитов состоят и сферические наноразмерные частицы сажи и поверхностный слой агрегатов (рисунок 2). Под агрегатом согласно стандарту ASTM D 3849 [10] понимается наименьшая диспергируемая единица технического углерода (промышленной сажи), состоящая из обширно сросшихся частиц.

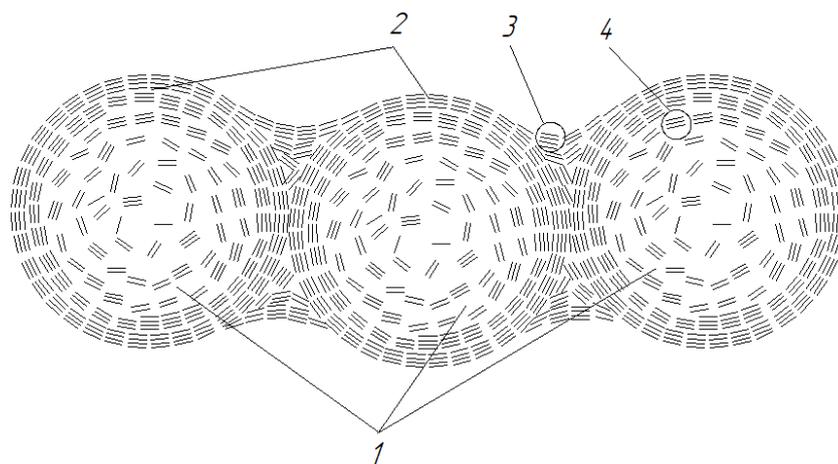


Рисунок 2 – Строение агрегата технического углерода:  
 1 – частицы сажи; 2 – поверхностный слой агрегата сажи;  
 3 – кристаллит поверхностного слоя агрегата; 4 – кристаллит частицы сажи

Слои образованы из плоских молекул. Поскольку в кристаллите размеры базисных плоскостей небольшие, доля краевых атомов довольно существенна, соответственно больше и доля водорода. Так в молекуле, приведенной на рисунке 3, которую можно записать как  $C_{66}H_{22}$ , соотношение C/H равно 3. Поэтому в [11] промышленная сажа названа «полициклическим углеводородом». При этом указывается, что присутствующий в саже водород — это не результат его физической адсорбции, а химической связи с углеродом.

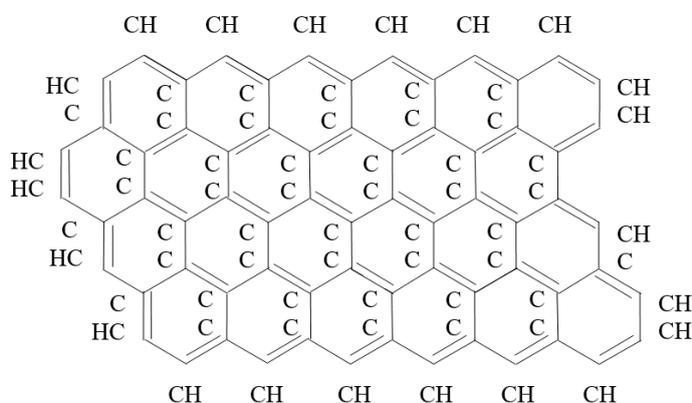


Рисунок 3 – Плоская молекула из двадцати четырех бензольных колец [11]

Графен является двумерной (2D) аллотропной модификацией углерода. Выше при рассмотрении структуры кристалла графита было описано строение базисной плоскости (слоя) как части трехмерного (3D) аллотропа углерода. При этом три связи, расположенные в плоскости, задают геометрическую структуру графена.

Однако создание реального двумерного кристалла углерода было проблематично. Кристаллизация атомов не удавалась, поскольку при этом получались другие аллотропные модификации углерода (в частности графит, фуллерены, нанотрубки, при этом нанотрубку можно рассматривать как свернутый в трубку лист графена [1]). Впервые моноатомная пленка графена была получена методом отслоения (пилинга) при трении графитового стержня о подложку из окисленного кремния (поверхность  $SiO_2$  механически стабилизировала слои графена).

Базисный слой в промышленной саже можно рассматривать как химическую модификацию графена – графан. В графане в узлы сети графена добавлены атомы водорода; при этом получен диэлектрик, сохраняющий исходную гексагональную структуру.

Промышленная сажа характеризуется низким минеральным остатком, составляющим от 0,02 до 0,20 % [7]. Это связано как с низкой зольностью сырья, так и в большей степени с высоким выходом сажи, составляющим от 2,4–2,6 до 61–64 % у сажи ДГ-100 и сажи ТМ-15 соответственно [12].

Выход сажи для дизеля – химический недожог значительно ниже (менее 2 %). В [13] исходя из данных [14] предложено считать, что при 20 % и менее содержания минеральных составляющих в твердой фазе выпускных газов все они будут находиться в саже, и, следовательно, в пределах указанной величины, чем меньше химический недожог, тем больше минеральных элементов в саже. Значительное количество минеральных составляющих, очевидно, будет располагаться между кристаллитами, тогда базисный слой в дизельной саже, как и в промышленной можно рассматривать как графан.

Количество минеральных составляющих в дизельной саже различных топлив может существенно отличаться, но даже при одном и том же топливе оно разное в зависимости от сажесодержания выпускных газов. Косвенно об этом можно судить по изменению электрического сопротивления столба сажи.

В таблице 1 представлены соотношения удельного электрического сопротивления  $\rho_i$  столба дизельной сажи различных топлив при давлении 18 МПа.

Таблица 1 – Соотношения удельного электрического сопротивления  $\rho_i$  столба дизельной сажи различных топлив при давлении 18 МПа, по материалам [15, 16]

Вид топлива	Дизель	Сажесодержание выпускных газов, г/м	$\rho_i / \rho_{диз1}$
Дизельное летнее	148,5/11	1,0–1,1	1,0
	248,5/11	0,15	33
Моторное ДТ	148,5/11	1,0–1,1	3,8
Моторное ДМ			43
Нефтепродукт на основе вакуумного дистиллята			0,22
$\rho_{диз1}$ – для сажи дизельного летнего топлива при сажесодержании 1,0–1,1 г/м <sup>3</sup>			

В [3] отмечается, что источником новых индивидуальных форм углерода по-прежнему служит сажа: фуллерены, углеродные нанотрубки и др. выделяют из различных разновидностей саж.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеенко А.Г. Графен. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 168 с.
2. Яковлева Т.С. Просто графен. – СПб.: Страта, 2019. – 98 с.
3. Губин С.П., Ткачев С. В. Графен и родственные наноформы углерода/ С.П. Губин, С. В. Ткачев / Изд. 3-е. М.: ЛЕНАНД, 2014. – 112 с.
4. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. – М.: Аспект пресс. – 1997.-718 с.
5. Фенелонов В.В. Пористый углерод. – Новосибирск: Институт катализа, 1995.-518 с.
6. Материаловедение / под ред. Б.Н. Арзамасова.–М.: Машиностроение – 1986.–384 с.
7. Печковская К.А. Сажа как усилитель каучука.– М.: Химия, 1968.–216 с.
8. Бакиров Ф.Г. Образование и выгорание сажи при сжигании углеводородных топлив / Ф.Г. Бакиров, В.М. Захаров, Н.З. Полищук, З.Г. Шайхутдинов. – М.: Машиностроение, 1989. – 128 с.
9. Орлов В.Ю. Производство и использование технического углерода для резин / Орлов В.Ю., Комаров А. М., Ляпина Л. А. – Ярославль: Александр Рутман. – 2002. – 512 с.
10. ASTM D 3849. Annual Book of ASTM Standards. – 1990. – Vol. 09.01. – 630 p.
11. Лавров Н.В. Некоторые вопросы теории пиролиза метана и возможные схемы сажеобразования // Химия твердого топлива.– 1976. – №2 – С. 100–107.
12. Зуев В.П. Производство сажи / В.П. Зуев, В.В Михайлов. – М.: Химия. – 1965. –328 с.
13. Пушнин В.П. Особенности образования и насыпная плотность дизельной сажи // Дизельные энергетические

REFERENCES

1. Alekseenko A.G. Graphene. – M.: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2014. – 168 p.
2. Yakovleva T.S. Just graphene. – St. Petersburg: Strata, 2019. – 98 p.
3. Gubin S.P., Tkachev S. V. Graphene and related carbon nanoforms/ S.P. Gubin, S. V. Tkachev / Ed. 3-E. M.: LENAND, 2014. – 112 p.
4. Fialkov A.S. Carbon, interlayer compounds and composites based on it. – M.: Aspect press. – 1997.-718 p.
5. Fenelonov V.B. Porous carbon. – Novosibirsk: Institute of Catalysis, 1995.-518 p.
6. Materials science / ed. by B.N. Arzamas-va.–M.: Mashinostroenie – 1986.-384 p.
7. Pechkovskaya K.A. Soot as an amplifier of rubber.– M.: Chemistry, 1968.-216 p
8. Bakirov F.G. Formation and burnout of soot during combustion of hydrocarbon fuels / F.G. Bakirov, V.M. Zakharov, N.Z. Polishchuk, Z.G. Shaykhutdinov. – M.: Mashinostroenie, 1989. – 128 S.
9. Orlov V.Yu. Production and use of technical carbon for rubbers / Orlov V.Yu., Komarov A.M., Lyapina L. A. – Yaroslavl: Alexander Rutman. – 2002. - 512 p –
10. ASTM D 3849. Annual Book of ASTM Standards. – 1990. – Vol. 09.01. – 630 p.
11. Lavrov N.V. Some questions of the theory of methane pyrolysis and possible schemes of soot formation // Chemistry of solid fuels.– 1976. – No. 2 – pp. 100-107.
12. Zuev V.P. Soot production / V.P. Zuev, V.V. mikhailov. – M.: Chemistry. – 1965. -328 p.
13. Pushnin V.P. Features of formation and bulk density of diesel soot // Diesel power plants of river vessels: collection of

установки речных судов: сб. научн. тр. / Новосибир. ин.-т инж. водн. трансп. -2000. - С. 121 - 127.

14. Баранов Н.А., Смайлис В.И. Исследование высоко-температурной сублимации и дисперсного состава дизельной сажи // Тр. ЦНИДИ. - Л., 1980. - С. 82-89.

15. Пушнин В.П. Образование прочной связи между агрегатами дизельной сажи тяжелых топлив // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2011 - №1. - С. 141 - 144.

16. Пушнин В.П. Особенности образования и строение частиц дизельной сажи тяжелых топлив // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2012. - №2.-С. 193 -195.

scientific tr. / Novosibirsk. in.-t eng. vodn. трансп. -2000. - pp. 121 - 127.

14. Baranov N.A., Smilis V.I. Investigation of high-temperature sublimation and dispersed composition of diesel soot // Tr. TSNIDI. - L., 1980. - pp. 82-89.

15. Pushnin V.P. Formation of a strong connection between diesel soot units of heavy fuels // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. - 2011 - No.1. -pp. 141 - 144.

16. Pushnin V.P. Features of formation and structure of diesel soot particles of heavy fuels // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. - 2012. - No.2.-pp. 193 -195.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Аллотропные модификации углерода, графен, графан, дизельная сажа.*

*Пушнин Валерий Петрович, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Дмитриев Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Андрющенко Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНООСНОЙ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.В. Викулов, А.Н. Спиридонова

### MODELING OF UNIAXIAL VIBRATION ISOLATION DIESEL GENERATOR

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**S.V. Vikulov** (Doctor. of Technical Sciences, Head of the Department of Physics, Chemistry and Engineering Graphics of SSUWT)

**A.N. Spiridonova** (Ph.D. of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Technosphere Safety of SSUWT)

**ABSTRACT:** Mathematical modeling of uniaxial vibration isolation is carried out on the example of the physical model of a diesel generator. The second-order Newton equation is used as a mathematical model. Numerical integration of the equation was performed for the parameters of the average ship unit in the MathCad software package. Simulation results are presented.

**Keywords:** *Vibration, vibration isolation, uniaxial model, weight compensator, mathematical modeling, pulse, oscillogram.*

На примере физической модели дизель-генератора проведено математическое моделирование одноосной виброизоляции. В качестве математической модели использовано уравнение Ньютона второго порядка. Численное интегрирование уравнения произведено для параметров среднего судового агрегата в программном пакете MathCad. Приведены результаты моделирования.

Математическая модель опоры содержит уравнение второго порядка в форме Ньютона

$$m \frac{d^2 q}{dt^2} = f \cos(\omega t) - G + F(q) - b \left( \frac{dq}{dt} \right), \quad (1)$$

где  $\frac{d^2 q}{dt^2}$  – ускорение массы, м/с<sup>2</sup>;

$m$  – масса, кг;

$f$  – амплитуда вынуждающей силы, Н;

$\omega$  – угловая частота вынуждающей силы, рад/с;

$t$  – время, с;

$G$  – вес, Н;

$F(q)$  – сила компенсатора веса, Н;

$b$  – коэффициент вязкости демпфера, Нс/м;

$\frac{dq}{dt}$  – скорость массы, м/с.

Ускорение массивного источника вибрации обусловлено силой тяжести, силой компенсатора веса, вынуждающими силами и моментами от рабочего процесса [1, 2]. Последние из указанных сил и моментов можно заменить гармонической силой с частотой всплеск в цилиндрах.

Второй интеграл уравнения динамики является уравнением движения. Третий интеграл показывает пройденное расстояние. Поскольку в опоре нет пружины, то жесткость и собственная частота равна нулю.

При моделировании виброизоляции на основе упругих элементов допустимо не учитывать вес источника вибрации, поскольку вес всегда уравновешен деформацией линейного упругого элемента. Даже использование нелинейных упругих элементов не меняет методику, поскольку колебания невелики по амплитуде, и в её пределах жесткость опор можно считать постоянной, такой, которая указана в справочнике работы [3]. В опоре нулевой жесткости учёт веса необходим, поскольку он компенсируется силой трения в заданных пределах скорости рабочей поверхности компенсатора и эта сила не является восстанавливающей, что соответствует состоянию невесомости.

Для современных энергетических установок амплитуда скорости колебаний значительно меньше 0,02 м/с [4], что позволяет назначать такую же скорость скольжения. В целом для агрегата получим мощность как произведение скорости на вес 0,2 Вт/кг. При моделировании компенсатора веса будем опираться на это значение.

Одноосные колебания источника вибрации. Синтез одноосной опоры содержит все черты реальной пространственной системы виброизоляции, но по структуре значительно проще. Рассмотрим массу  $m$ , на которую действует гармоническая сила  $f$ , вес  $G$ , вязкая сила  $b$ , сила компенсатора веса  $F(q)$  (рисунок 1).

Физическая модель предлагает в качестве компенсатора фрикционную муфту в режиме торможения. Скорость в месте фрикционного контакта выше амплитуды скорости колебаний.

Исследуем передачу вибрации на судовой корпус и эффективность такой опоры при параметрах среднего судового агрегата. Введение демпфирования в численную модель соответствует конструкционному трению и сокращает переходный процесс (рисунок 2). По результатам численного интегрирования строим осциллограммы первого, второго и третьего интеграла.

$$\begin{aligned}
 v &:= .2 & f &:= 1000 & m &:= 1000 & \omega &:= 314 & b &:= 1000 \\
 G &:= 9.81 \cdot m & F(q) &:= \text{if}(q_2 < v, G, 0) \\
 \text{init\_vals} &:= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} & \text{init\_t} &:= 0 & \text{final\_t} &:= 6 & \text{Nsteps} &:= 10000 \\
 D(t, q) &:= \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \frac{1}{m} \cdot (f \cdot \cos(\omega \cdot t) - G + F(q) - b \cdot q_2) \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Рисунок 1 – Модель численного интегрирования одноосной опоры при параметрах среднего судового агрегата

На нижнем графике рисунка 2 показаны скорость колебаний оборудования в установившемся движении от пятой до шестой секунды процесса. Из графика следует, что скорость не превышает 0,003 м/с. На среднем графике показано смещение оборудования за тот же отрезок времени, из которого следует, что отклонение центра масс не превышают 0,00001 м.

На верхнем графике показан интеграл смещения, из которого видно, что отклонение не превышает 0,00001 метро-секунды. Все полученные значения не превышают допустимых значений.

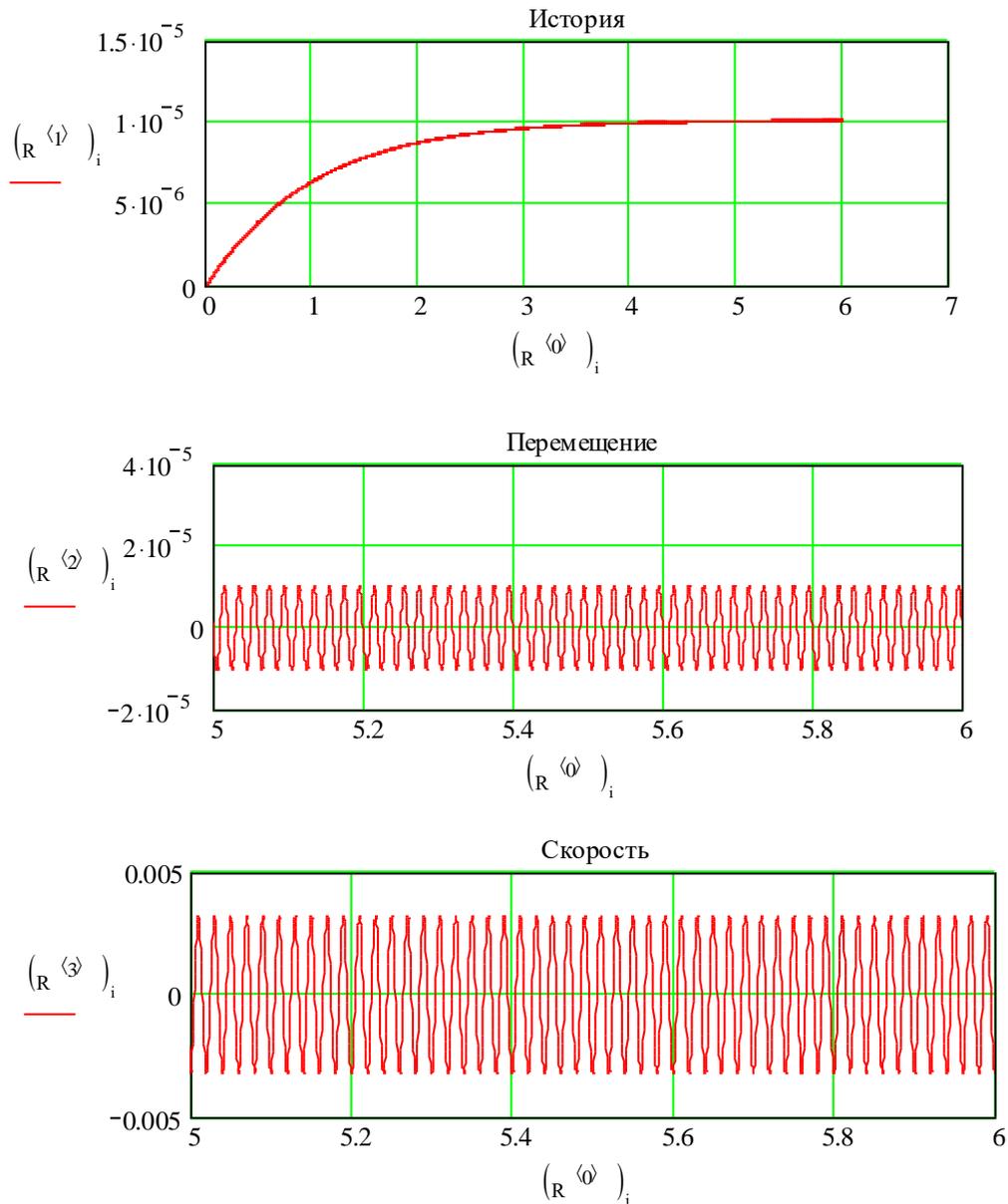


Рисунок 2 – Путь, смещение и скорость колебаний судового агрегата:  
 $R^{<0>}$  – значения ряда времени;  $R^{<1>}$  – значения ряда интеграла от перемещения;  
 $R^{<2>}$  – значения ряда перемещения;  $R^{<3>}$  – значения ряда скорости колебаний

Эффективность системы определялась по разности силы на массе и вынуждающей силы. Поменяем знак, например, у гармонической силы и выделим фрагмент графика на максимуме силы (рисунок 3).

Из рисунка 3 видно, что различие по амплитуде не превышает  $\Delta = 5 \text{ Н}$ , следовательно, на основание передается менее пяти ньютон. Коэффициент динамичности или коэффициент виброизоляции соответствует значению

$$\beta = \frac{\Delta}{f} = \frac{5}{1000} = 0,005, \quad (2)$$

где  $\Delta$  – разница амплитуд;  
 $f$  – вынуждающая сила.

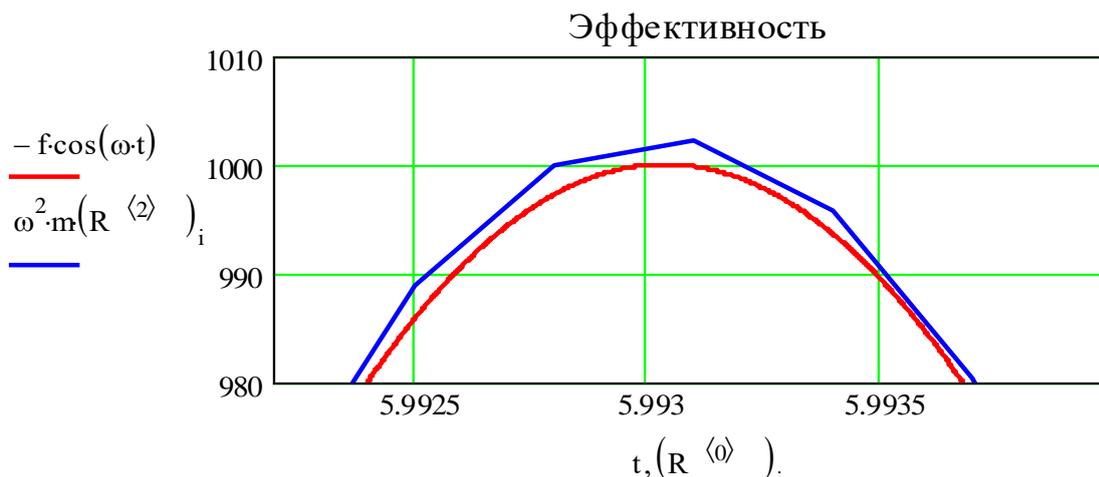


Рисунок 3 – Сравнение силы инерции (верхняя линия) и вынуждающей силы (нижняя линия)

При тех же параметрах линейная опора должна обеспечивать статическую просадку более 20 мм. Известные стандартные виброизоляторы различных типов не обеспечивают заданное соотношение просадки и массы установленного оборудования [5].

Внутренняя проверка. Рассмотрим базовую вязкоупругую систему как контрольный эксперимент с частотой  $\omega = 314$  рад/с, массой оборудования  $m=1000$  кг, вынуждающей силой  $f = 1000$  Н и жесткостью традиционных виброизоляторов АКСС-300М равную 5 МН/м на одну опору и 20 МН/м на четыре опоры (рисунок 4).

График скорости от девятой до десятой секунды процесса показал значение амплитуды виброскорости 0,01 м/с, что вдвое ниже скорости скольжения в компенсаторе. Смещение находится в пределах 0,0002 м.

Из теории колебаний коэффициент динамичности системы без трения для параметров, указанных на рисунке 4, равен

$$\beta = \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{c} m} = 0,254. \quad (3)$$

Таким образом, отношение эффективностей равно  $0,254 / 0,006 = 50$ . Следовательно, традиционная подвеска передает на судовой фундамент переменные усилия в 50 раз больше.

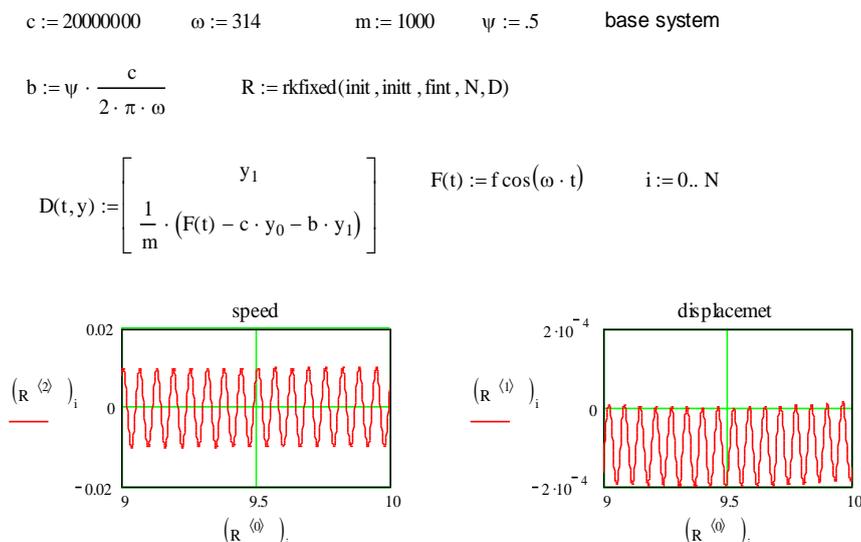


Рисунок 4 – Скорость (слева) и смещение (справа) судового дизель-генератора с массой 1000 кг, установленного на четыре опоры АКСС-300М

Пример построения амплитудно-частотной характеристики вязкоупругой системы показывает существование резонансного пика. Сканирование по частоте выбиралось из условия затухания колебаний после прохождения резонансной области. Уровень демпфирования принимался по результатам натурных исследований колебаний судового вспомогательного двигателя при сотрясении. По осциллограмме находился логарифмический декремент затухания [6], из которого получали коэффициент демпфирования виброизолирующего крепления (рисунк 5) [7].

В колебательной системе без трения векторы ускорения, скорости и смещения всегда взаимно ортогональны. Это может служить основой построения АЧХ. Например, скорость колебаний, деленная на угловую скорость, дает амплитуду. Если сложить эту амплитуду с истинной по теореме Пифагора, то получится квадрат амплитуды. Корень из этого значения покажет амплитуду независимую от времени.

Второй способ основан на делении ускорения на квадрат угловой скорости. Снова, складывая эти векторы, получим амплитуду колебаний. Плавно изменяя частоту вынуждающей силы, получим АЧХ процесса.

Отметим важное обстоятельство: результат действия вынуждающей силы не равен такому при постоянной частоте. Поэтому следует брать интеграл частоты, который при линейном изменении равен половине текущего значения.

```

c := 100000      m := 1000      b := 5000      ω := 1
init := ( 0 )   initt := 0     fint := 40      N := 5000
         ( 0 )
F(t) := 1000 · sin(.5 · ω · t2)      i := 0.. N
D(t, y) := [ y1 ]
            [ 1/m · (F(t) - c · y0 - b · y1) ]
R := rkfixed(init, initt, fint, N, D)
    
```

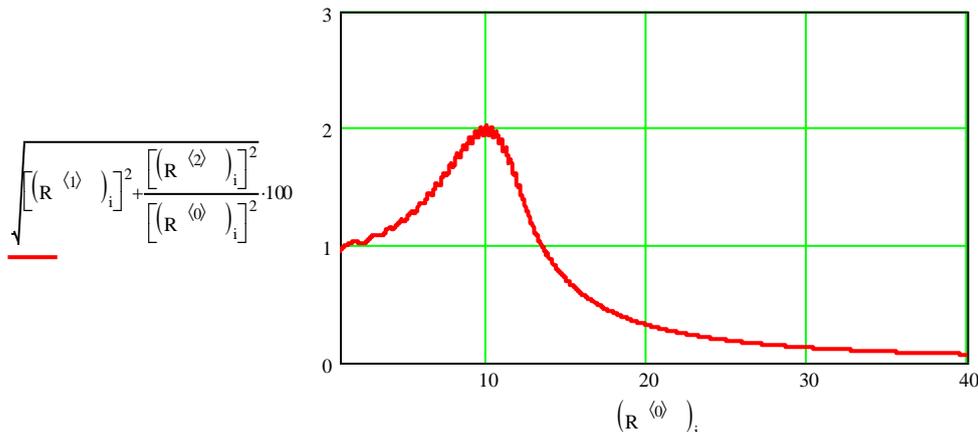


Рисунок 5 – Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) упругой опоры: по горизонтали – ряд значений времени; по вертикали – амплитуда колебаний

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников А.Е. Шум и вибрация / А.Е. Колесников. – Л.: Судостроение, 1988. – 248 с.
2. Лебедев О.Н. Совершенствование технической эксплуатации судовых дизельных энергетических установок: учебное пособие / О.Н. Лебедев и др. ; под ред. С. А. Калашникова. – Новосибирск : НИИВТ, 1993. – 356 с.
3. Ключкин И.И. Судовая акустика / И.И. Ключкин, А.А. Клещев. – Л.: Судостроение, 1982. – 144 с.
4. Антошкин А.С. Средства малой энергетики с поршневыми двигателями внутреннего сгорания / А.С. Антошкин, А.А. Балашов, Н.И. Валуйский, А.С. Лихачёв, Д.Д. Матиевский / под редакцией Д.Д. Матиевского. – Барнаул : Изд-во

REFERENCES

1. Kolesnikov A.E. Noise and vibration / A.E. Kolesnikov. – L.: Shipbuilding, 1988. – 248 p.
2. Lebedev O.N. Improving the technical operation of marine diesel power plants: a textbook / O.N. Lebedev et al.; edited by S. A. Kalashnikov. – Novosibirsk : NIIVT, 1993. – 356 p.
3. Klyukin I.I. Ship acoustics / I.I. Klyukin, A.A. Kleshchev. – L.: Shipbuilding, 1982. – 144 p.
4. Antoshkin A.S. Means of small power engineering with internal combustion piston engines / A.S. Antoshkin, A.A. Balashov, N.I. Valuisky, A.S. Likhachev, D.D. Matievsky / edited by D.D. Matievsky. - Barnaul : Publishing house "Agency of Advertising Technologies", 2008. - 368 p.

«Агентство рекламных технологий», 2008. – 368 с.

5. ГОСТ 17053.1-80 Амортизаторы корабельные АКСС-М = Ship shock absorbers AKCC-M. Specifications : государственный стандарт союза ССР : введен Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 мая 1980 г. N 2446 : введен взамен ГОСТ 17053-71 в части разд.1-6 для амортизаторов : дата введения 1982-01-01. – Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: ГОСТ 17053.1-80 Амортизаторы корабельные АКСС-М. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3) от 30 мая 1980 - docs.cntd.ru (дата обращения 24.09.2021).

6. Соркин Е.С. К теории внутреннего трения при колебаниях упругих систем / Е.С. Сорокин. - М.: Госстройиздат, 1960. – 131 с.

7. Барановский А.М. Теоретические основы эффективной виброизоляции : специ-альность 05.08.05 «Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Барановский Александр Михайлович; Новосибирская государственная академия водного транспорта. – Новосибирск, 2000. – 316 с.

5. GOST 17053.1-80 Shock absorbers ship AXS-M = Ship shock absorbers AXS-M. Specifications : State standard of the USSR: introduced by the Decree of the USSR State Committee on Standards dated May 30, 1980 N 2446 : introduced instead of GOST 17053-71 in part sec.1-6 for shock absorbers : date of introduction 1982-01-01. – Text: electronic // Electronic fund of legal and regulatory documents. – URL: GOST 17053.1-80 Shock absorbers co-working AXS-M. Technical specifications (with Amendments N 1, 2, 3) dated May 30, 1980 - docs.cntd.ru (accessed 24.09.2021).

6. Sorkin E.S. On the theory of internal friction during vibrations of elastic systems / E.S. Sorokin. - M.: Gosstroizdat, 1960. – 131 p.

7. Baranovsky A.M. Theoretical foundations of effective vibration isolation : specialty 05.08.05 "Ship power plants and their elements (main and auxiliary)" : dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Baranovsky Alexander Mikhailovich; Novosibirsk State Academy of Water Transport. – Novosibirsk, 2000. – 316 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Вибрация, виброизоляция, одноосная модель, компенсатор веса, математическое моделирование, импульс, осциллограмма.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Викторов Станислав Викторович, доктор технических наук, заведующий кафедрой физики, химии и инженерной графики ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Спирidonova Анна Николаевна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры Техносферной безопасности ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВОДНОЙ ФАЗЫ В ЭМУЛЬГИРОВАННЫХ ТОПЛИВАХ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**И.Г. Мироненко**

### **DETERMINATION OF THE WATER PHASE CONTENT IN EMULSIFIED FUELS**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**I.G. Mironenko** (Doctor of Technical Sciences, Professor of SSUWT)

**ABSTRACT:** The process of switching diesel from anhydrous fuel to a water-fuel emulsion is hidden from the eyes of the observing or on-duty personnel. It is shown that the optical method can be used as an indicator of the transition of diesel to an emulsion, and the volumetric method will allow controlling and regulating the water content in the emulsion more accurately.

**Keywords:** *Emulsion, fuel, control.*

Процесс перехода дизеля с безводного топлива на водотопливную эмульсию скрыт от глаз наблюдающего или дежурного персонала. Показано, что оптический метод может быть применён в качестве индикатора перехода дизеля на эмульсию, а объёмный позволит контролировать и регулировать содержание воды в эмульсии более точно.

Процесс перехода дизеля с безводного топлива на водо-топливную эмульсию (ВТЭ) скрыт от глаз наблюдающего или дежурного персонала. В судовых условиях, вода и топливо находятся под давлением в закрытых ёмкостях. Подвод и отвод смешиваемых компонентов к диспергирующим устройствам осуществляется по трубопроводам. Сами диспергаторы также представляют собой механизмы, изолированные от окружающей среды. Переход дизеля на ВТЭ контролировался по косвенным показателям: по снижению температуры отработавших газов и уменьшению их дымности, по изменению положения топливной рейки, по увеличению жёсткости рабочего процесса. Общими недостатками этих показателей является их малая наглядность, низкая точность и субъективность. Главный недостаток – невозможность определения процентного содержания водной фазы в эмульсии ( $C_w$ ). В судовых условиях  $C_w$  определялась объёмным методом: отбиралась проба эмульсии и в течение некоторого времени отстаивалась. Этот метод также имеет ряд недостатков: растянутость по времени (особенно при использовании тяжёлых сортов топлива), невозможность мгновенного контроля изменения концентрации ВТЭ.

В 1992 году в ОАО Западно-Сибирское речное пароходство (ЗСРП) была предпринята попытка, оценивать содержание воды в эмульсии по напорным характеристикам водотопливного диспергатора. Большинство дозаторов, задающих концентрацию воды в эмульсии, устроены по принципу калиброванного отверстия. Расход среды через такое отверстие определяется давлением (напором среды). Таким образом, зная давление воды перед дозатором, можно определить её расход через дозатор. Сопоставление часового расхода топлива дизелем с расходом воды через диспергатор показывает содержание воды в эмульсии. Градуировка измерительного прибора (манометра) по расходной характеристике  $Q = f(p)$  с последующей заменой шкалы манометра придаёт большую наглядность такому методу измерений. Его существенным недостатком является, опять-таки, отсутствие визуального контроля над поступлением воды в топливо: при засорении калиброванного отверстия дозатора давление воды перед ним будет расти, а расход воды – уменьшаться. Следовательно, работы по визуализации контроля над содержанием водной фазы в ВТЭ, по-прежнему актуальны.

При попытке создать датчик, позволяющий определять содержание воды в эмульсии дизельного топлива непосредственно в топливном трубопроводе дизеля, исследовались электрические, оптические и объёмные методы определения концентрации воды в эмульсии.

В качестве электрических методов рассматривались измерение электрического сопротивления и ёмкости эмульсии. Для этого был спроектирован и изготовлен специальный датчик (рисунок 1). Он представляет собой трубу 1 с расположенным внутри неё электродом 2, изолированным от контакта со стенками трубы фторопластовыми прокладками 3. Через кольцевой зазор между электродом и стенками трубы прокачивается водо-топливная эмульсия с известным содержанием водной фазы. Изменение электрического сопротивления или ёмкости среды регистрировалось измерительным прибором 4 – мегомметром или мультиметром. В опытах использовалась питьевая вода.

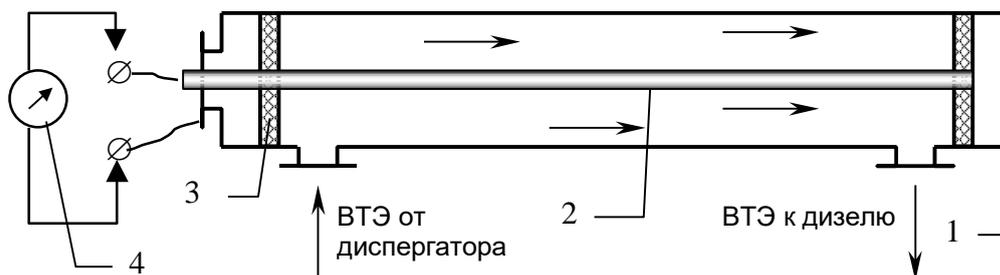


Рисунок 1 – Схема датчика-эмульсиметра

Результаты измерений, представленные на рисунках 2, 3 и 4 показали, что электрическое сопротивление ВТЭ и её ёмкость в гораздо большей степени зависят от температуры эмульгированного топлива, чем от содержания водной фазы.

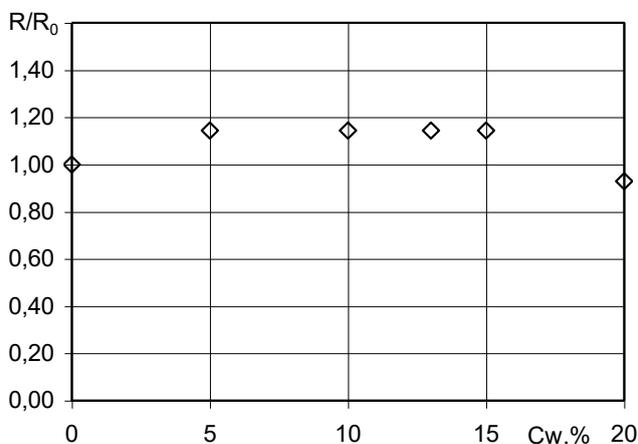


Рисунок 2 – Зависимость электрического сопротивления ВТЭ при постоянной температуре: R – текущее значение электрического сопротивления ВТЭ дизельного топлива, МΩ; R<sub>0</sub> – электрическое сопротивление дизельного топлива (при C<sub>w</sub> = 0), МΩ

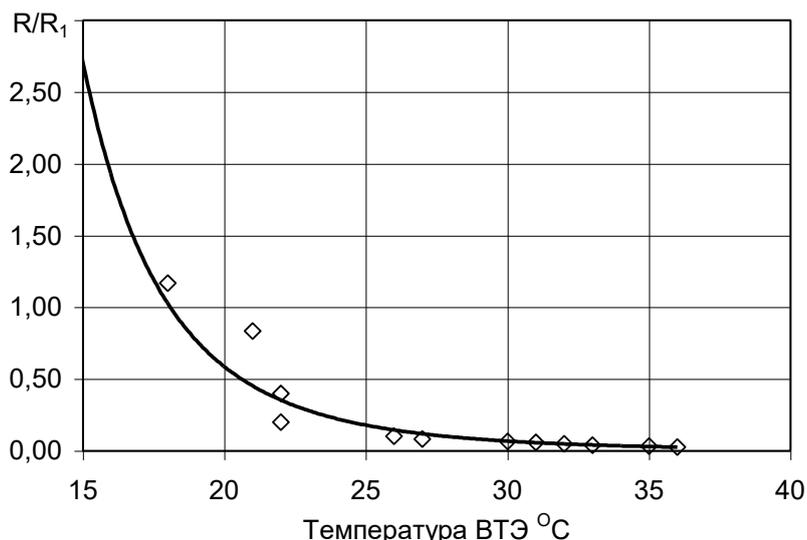


Рисунок 3 – Влияние температуры ВТЭ на её электрическое сопротивление:  
 $R_1$  – электрическое сопротивление ВТЭ при температуре, соответствующей нормальным условиям,  $M\Omega$

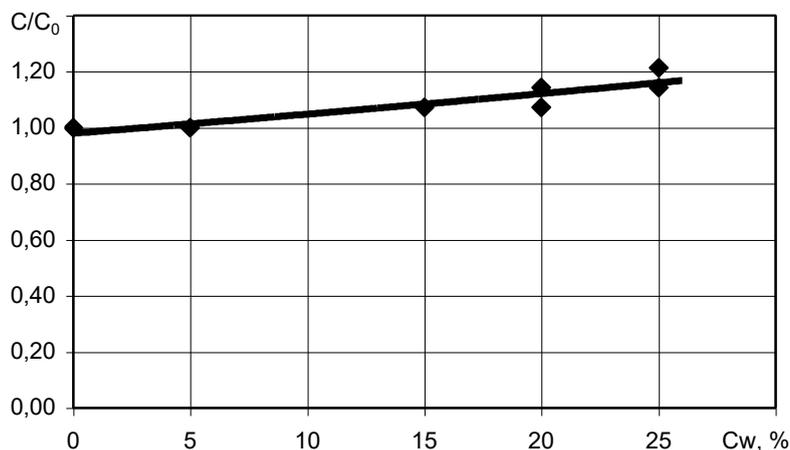


Рисунок 4 – Зависимость электроёмкости ВТЭ от содержания водной фазы при постоянной температуре:  
 $C$  – текущее значение электроёмкости ВТЭ дизельного топлива,  $Nf$ ;  
 $C_0$  – электроёмкость дизельного топлива ( $C_w = 0$ ),  $Nf$

Суть оптического метода заключается в следующем. ВТЭ является двухфазной средой. Дисперсионная среда – дизельное топливо, имеет высокую прозрачность и хорошо пропускает световой поток. Дисперсная фаза – мельчайшие частички воды, равномерно распределённые по объёму топлива, будут мешать прохождению светового потока. Таким образом, разместив с одной стороны прозрачного трубопровода 2 источник света 1 (рисунок 5), с другой – приёмник 3 (фотоэлемент, фоторезистор и др.) можно получить некоторую зависимость изменения плотности светового потока от содержания воды в эмульсии.

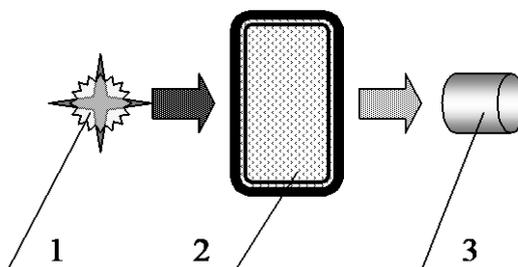


Рисунок 5 – Схема оптического датчика-эмульсиметра

При исследовании оптического метода определения  $C_w$  в эмульсионный трубопровод была установлена стеклянная трубка, коробчатой формы, с плоскопараллельными гранями. С одной стороны трубки располагался лазерный источник света малой мощности («лазерная указка»), с другой – фоторезистор. При работе на дизельном топливе измерительное устройство фоторезистора устанавливалось на нулевую отметку. После этого в систему подавалась определённая порция воды, соответствующая  $C_w = 5, 10, 15, 20$  и  $25\%$  и снимались показания миллиамперметра. Температура ВТЭ была постоянна.

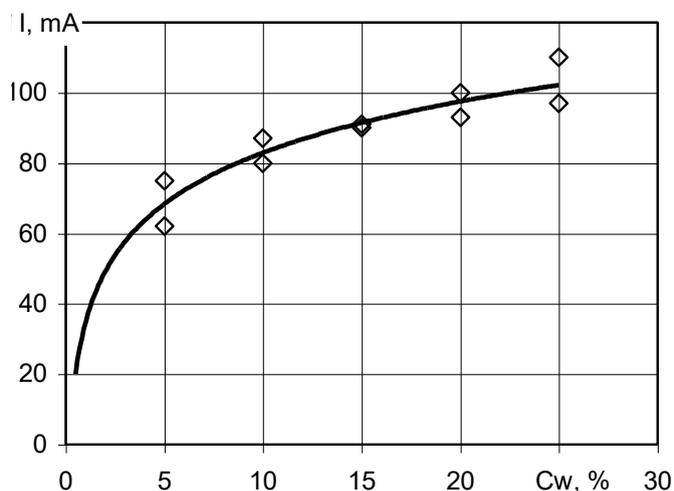


Рисунок 6 – Влияние концентрации водной фазы в эмульсии на изменение силы тока через фоторезистор

Как видим (рисунок 6), при переходе с безводного топлива на эмульсию ( $0-5\%$   $C_w$ ) наблюдается резкое возрастание силы тока через фоторезистор, свидетельствующее об уменьшении светового потока через стеклянную трубку с топливом, вызванное помутнением последнего.

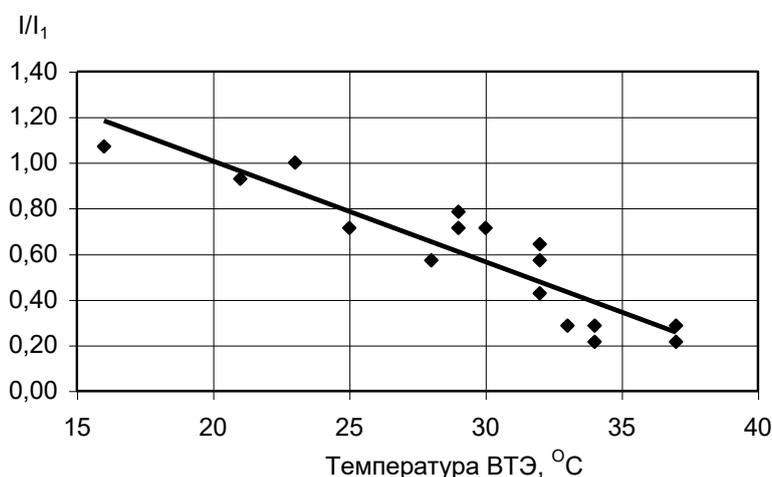


Рисунок 7 – Влияние температуры эмульгированного дизельного топлива (+1% мазута) на изменение силы тока через фоторезистор:

$I$  – текущее значение силы тока, mA;  $I_1$  – значение силы тока через фоторезистор при температуре ВТЭ, соответствующей нормальным условиям, mA.

Рисунок 7 показывает, что увеличение температуры ВТЭ дизельного топлива существенно повышает его оптическую прозрачность. Вероятная причина такого явления кроется в том, что более тяжёлые фракции, входящие в состав мазута, при повышении температуры более полно растворяются в дизельном топливе, увеличивая его прозрачность и проницаемость для светового потока.

Судя по результатам исследований, ни электрические, ни оптические методы не дают точных и стабильных результатов по измерению концентрации воды в эмульсии. Поэтому

была предпринята попытка, приспособить для этих измерений, уже хорошо зарекомендовавший себя, объёмный метод – сделать его более наглядным.

Объёмный метод заключается в раздельном измерении часовых расходов топлива и воды, идущих на приготовление эмульсии. Расход топлива дизелем измеряется, как обычно, с помощью мерного бачка. А в водяную магистраль установки ВТЭ-6 был включен ротаметр от регулятора РРВ-1 и градуирован. Для этого были изготовлены 3 варианта поплавков с различными диаметрами: 5; 4,5 и 4 мм. Поплавки позволили менять пределы измерений, что повысило применимость прибора для различных типоразмеров двигателей. Результаты градуировки приведены на рис. 8. Поскольку колебания температуры воды в санитарной системе теплохода незначительны, то её влияние на изменение расхода не исследовались.

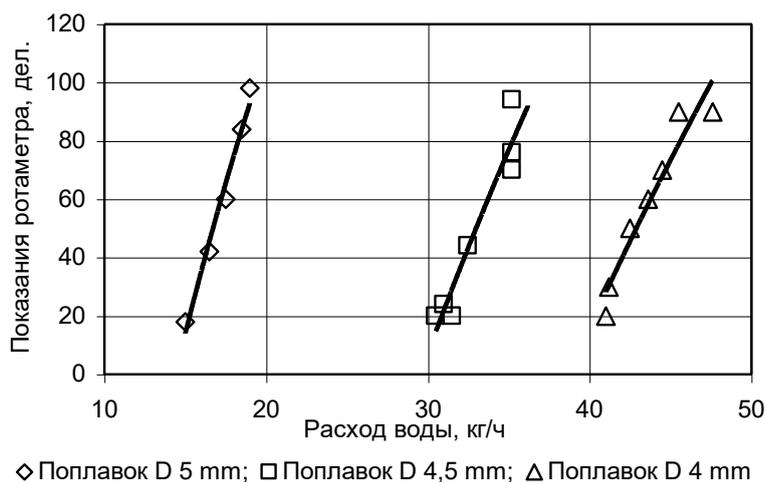


Рисунок 8 – Зависимость показаний ротаметра от расхода воды и диаметра поплавка

По результатам градуировки получена формула, устанавливающая зависимость высоты подъёма поплавка ротаметра от расхода жидкости и диаметра поплавка:

$$\frac{H}{H_{max}} = \left( -13,7 \frac{D}{D_{max}} + 17,1 \right) \ln \left( \frac{Q}{Q_0} \right) - 0,5 \frac{D}{D_{max}} + 0,648$$

- где  $H$  – текущее значение высоты подъёма поплавка, дел.;  
 $H_{max}$  – максимальное значение высоты подъёма поплавка, дел.;  
 $D_{max}$  – диаметр штатного поплавка, мм;  
 $D$  – диаметр нового поплавка, мм;  
 $Q_0$  – минимальный расход воды через ротаметр при штатном поплавке, кг/ч;  
 $Q$  – текущее значение расхода воды через ротаметр при новом поплавке, кг/ч.

Сопоставление экспериментальных точек градуировки ротаметра с расчётами представлено на рисунке 9.

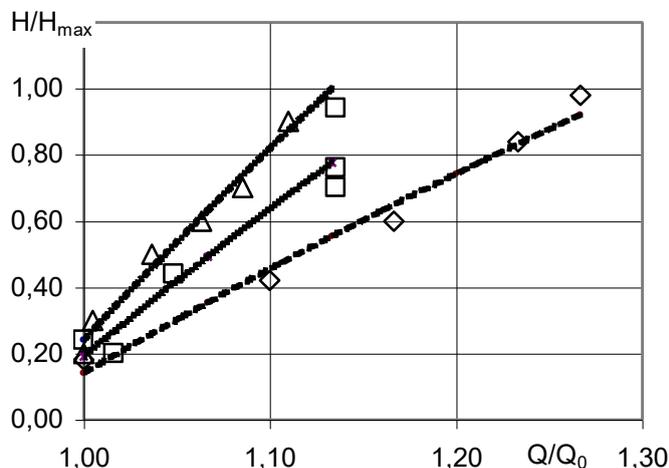


Рисунок 9 – Сопоставление экспериментальных точек градуировки ротаметра с расчётными характеристиками

На основании проведённых исследований можно рекомендовать для применения на практике комбинированный метод определения содержания воды в эмульсии.

Оптический метод может быть применён в судовых условиях в качестве индикатора. Он не даёт точного значения  $C_w$ , но позволяет судить – поступает дисперсная фаза в топливо или нет. Так как прибор, регистрирующий изменение светового потока, является электрическим, датчик (фотоэлемент) может находиться в машинно-котельном отделении (МКО), а измерительный прибор - размещён дистанционно, например – в рубке. Для более точного измерения концентрации воды в эмульсии может служить ротаметр от регулятора расхода РРВ-1, включенный в водяную магистраль установки для приготовления ВТЭ. Комбинированный метод измерения содержания водной фазы в эмульсии позволит вахтенному начальнику, при несении вахты в ходовой рубке, судить о переходе двигателя на эмульгированное топливо. При необходимости, вахтенный механик может спуститься в МКО и проконтролировать (подрегулировать) более точно значение  $C_w$  с помощью ротаметра и регулятора РРВ-1.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Эмульсия, топливо, контроль.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Мироненко Игорь Геннадьевич, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОБНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДИЗЕЛЯ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ С ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕЙ ПРИСАДКОЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Е.С. Губин, А.С. Дмитриев, И.В. Швецов, Г.С. Юр

### RESULTS OF TRIAL TESTS OF A DIESEL ENGINE USING MODIFIED DIESEL FUEL WITH A HYDROGEN-CONTAINING ADDITIVE

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**E.S. Gubin** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**A.S. Dmitriev** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**I.V. Shvetsov** (Head of the laboratory of SEU of SSUWT)

**G.S. Yur** (Doctor of Technical Sciences, Professor of SSUWT)

**ABSTRACT:** A description of a sample experimental setup for producing a gaseous hydrogen-containing additive in diesel fuel is given. For gasification of liquid fuel, the cavitation process is used. A significant reduction in exhaust gas temperature and exhaust pollutant emissions was noted.

**Keywords:** Cavitation gas generator, diesel fuel, hydrogen-containing gas additive, compartment, harmful emissions.

Дано описание образца экспериментальной установки для получения газовой водородосодержащей присадки в дизельном топливе. Для газификации жидкого топлива использован процесс кавитации. Было отмечено значительное уменьшение температуры отработавших газов и выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами.

Водород является экологически чистым энергоносителем и перспективным видом топлива для энергетических установок. Его можно применять как в чистом виде, так и в качестве присадки к воздуху [1, 2].

Водород и водородосодержащие газы в смеси с воздухом, активизирует воспламенение, повышает скорость и полноту сгорания топлива в дизелях [3].

В прямоточных воздушно-реактивных двигателях, для интенсификации процесса горения керосина применяется водородосодержащий газ в составе водород 47,9%, метан 15,8%, моноксид углерода 31,3% и двуокись углерода 5% [4].

Наддув судового дизеля 6ЧСН 16,5 / 22 водородосодержащим газом, полученным из дизельного топлива, уменьшил концентрацию оксидов азота в отработавших газах на 180-200 мг/м<sup>3</sup> [5].

При использовании газовых водородосодержащих присадок не требуется внесения существенных изменений в конструкцию дизелей.

Другим перспективным направлением улучшения характеристик дизелей является использование газовых присадок к топливу. Такие присадки сокращают время испарения капель распыленного в камере сгорания топлива и период диффузионного горения.

Применение газовых присадок не требует внесения существенных изменений в конструкцию дизелей.

Использование присадки водорода в качестве присадки к дизельному топливу не изучались.

Целью исследования является разработка способа и конструкции устройства для получения водородосодержащей присадки в топливе и исследование характеристик полученного модифицированного дизельного топлива.

Для получения водородосодержащей присадки в дизельном топливе, в СГУВТ спроектирован и изготовлен опытный образец экспериментальной установки. При осуществлении газификации жидкого топлива использован процесс кавитации. Его достоинством является возможность получения высоких локальных плотностей энергии при незначительных затратах мощности [6].

В качестве прототипа был использован роторно-пульсационный аппарат изготовленный Г.С. Кармацким. Для преодоления порога кавитационной прочности жидкости, к аппарату были дополнительно присоединены еще две ступени.

Изготовленная экспериментальная установка безопасна в эксплуатации и обслуживании.

На рисунке 1 приведена фотография опытного образца установки для осуществления процесса газификации дизельного топлива.

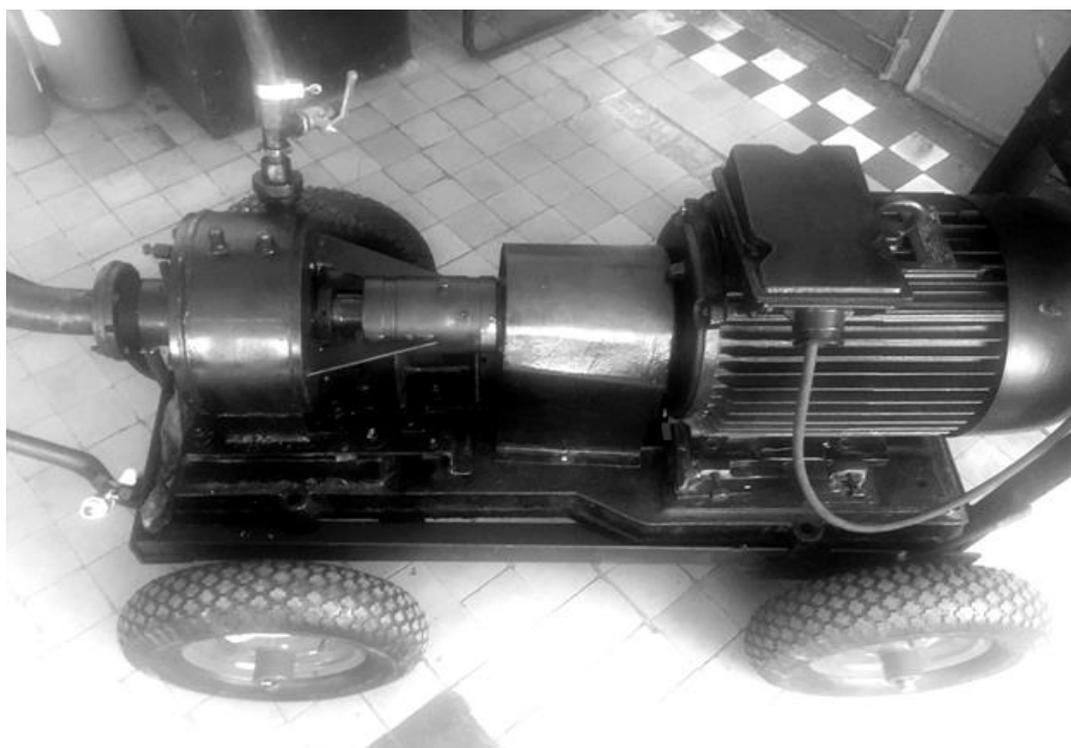


Рисунок 1 – Общий вид установки

На рисунке 2 представлены результаты измерения веса модифицированного топлива в количестве 200 граммов.

Из приведённого рисунка видно, что в течение первых суток происходит наиболее интенсивное испарение газовой присадки. За это время из модифицированного топлива улетучилось около 0,1% веса водородосодержащего газа. Следовательно, такое топливо не подлежит хранению и должно использоваться сразу после его приготовления.

Сравнительные испытания модифицированного топлива проводились в лаборатории СДВС на дизеле Д 21 который был переоборудован в отсек.

На рисунке 2 приведен общий вид нагрузочного изготовленного на базе дизеля Ч 10,5/12 (Д 21).

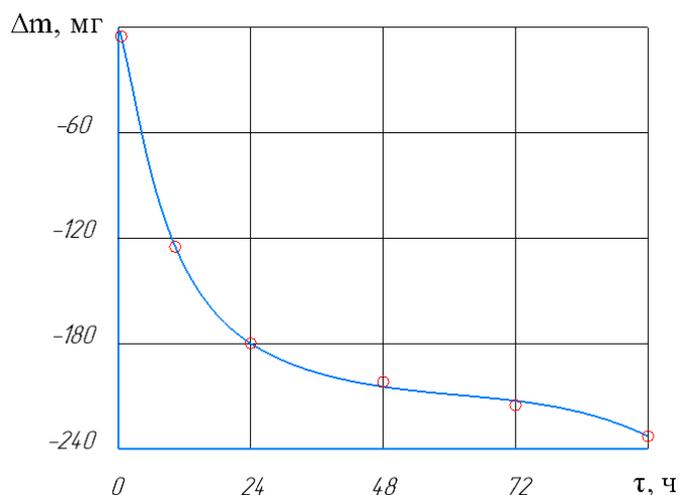


Рисунок 2 – График динамики уменьшения веса полученного модифицированного дизельного топлива с газовой водородосодержащей присадкой



Рисунок 2 – Общий вид моторного стенда

Испытания проводились на режиме 80% нагрузки при частоте вращения коленчатого вала 1500 мин<sup>-1</sup>.

Исследования показали, что удельный эффективный расход топлива практически не изменился (уменьшился всего на 1%).

При сравнении результатов испытаний двигателя на базовом дизельном топливе и топливе с газовой присадкой отмечено уменьшение температуры отработавших газов и вредных выбросов.

В таблице 1 приведены результаты пробного эксперимента.

Таблица 1 – Результаты, полученные в ходе испытаний отсека Ч10,5/12

№	Наименование топлива	t <sub>g</sub> <sup>0</sup> , C	NO <sub>x</sub> , ppm	CO, ppm	CH, ppm	N, %
1	Дизельное	214	1094	1121	15	9,5
2	Модифицированное	206	1011	876	0	7,5

Здесь использованы следующие обозначения:

- температура отработавших газов –  $t_g^0$ , С;
- концентрация оксидов азота –  $NO_x$ , ppm;
- концентрация монооксида углерода – CO, ppm;
- концентрация суммарных углеводородов – CH, ppm;
- дымность отработавших газов по шкале Hartrige – N%.

Из таблицы 1 видно, что, при переводе двигателя с необработанного дизельного топлива на модифицированное топливо, содержащее газовую присадку видно:

- количество оксидов азота снизилось на 7,5%;
- концентрация монооксида углерода сократилось на 24%;
- количество суммарных углеводородов полностью отсутствовало;
- дымность отработавших газов уменьшилась на 21%.
- температура отработавших газов снизилась на 9 градусов.

По итогам работы можно сделать следующие выводы.

1. Спроектирован и изготовлен опытный образец кавитационного газового генератора, предназначенного для получения водородосодержащей присадки в дизельном топливе.
2. Установлено, что приготовленное в генераторе модифицированное дизельное топливо с водородосодержащей присадкой, не подлежит длительному хранению вследствие интенсивного испарения, растворённого в нём газа. Такое топливо рекомендуется готовить и использовать непосредственно перед подачей в дизель.
3. В результате проведенных испытаний дизеля на необработанном топливе и топливе с водородосодержащей присадкой отмечено уменьшение температуры отработавших газов и вредных выбросов.
4. Рекомендуется провести развёрнутые исследования рабочего процесса дизеля по винтовой и нагрузочной характеристикам, включая определение оптимального угла опережения подачи при использовании модифицированного топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайворонский А.И. Технология промышленного получения водорода и его использования в транспортных энергетических установках./ М.В. Гордин, В.А. Марков, Ф.С. Карпец Ф.С.// Двигателестроение, 2022, № 1 (287). С. – 3–20.
2. Abn-Jrai, A. The influence of H2 and CO on diesel engine combustion characteristics, exhaust gas emissions and after treatment selective catalytic NOx reduction / A. Tsolakis, A. Megaritis // Int. J. Hydrogen Energy 2007. – 2007. – Vol. 32. – № 15. – P. 3565-3571.
3. Авраменко А.Н. Левтеров А.М., Бганцев В.Н., Гладкова Н.Ю., Киреева В.Н. Перспективы применения микродобавок водорода для улучшения экологических показателей дизельного двигателя./ А.Н. Авраменко, А.М. Левтеров, В.Н. Бганцев, Н.Ю. Гладкова, В.Н. Киреева // Journal of Mechanical Engineering. 2019. Vol. 22. No. 2.
4. Титов, С. В. Исследование эффективности использования газовой присадки к воздушному заряду для снижения концентрации оксидов азота в отработавших газах судового дизеля / С. В. Титов, Г. С. Юр, В. В. Коновалов, А. А. Девяткин// I Международный научно-промышленный форум «Транспорт. Горизонты развития» ВГУВТ 25–28 мая 2021. – С. 174–175.
5. Третьяков П.К. Применение синтез-газа для интенсификации горения керосина в сверхзвуковом потоке /П.К. Третьяков, А.В. Тупикин, А.Л. Куранов, С.В. Колосёнок, А.А. Саваровский, В.М. Абашев.// Физика горения и взрыва, 2020, т.56, № 5. – С. 45-58.
6. Маргулис, М. А. Звухимические реакции и сонолюминисценция / М. А. Маргулис.// – М.: Химия, 1986. – 288 с.

REFERENCES

1. Gaivoronsky A.I. Technology of industrial hydrogen production and its use in transport power plants./ M.V. Gordin, V.A. Markov, F.S. Karpets F.S. // Engine engineering, 2022, No. 1 (287). P. – 3–20.
2. Abn-Jrai, A. The influence of H2 and CO on diesel engine combustion characteristics, exhaust gas emissions and after treatment selective catalytic NOx reduction / A. Tsolakis, A. Megaritis // Int. J. Hydrogen Energy 2007. – 2007. – Vol. 32. – № 15. – P. 3565-3571.
3. Avramenko A.N. Levterov A.M., Bgantsev V.N., Gladkova N.Yu., Kireeva V.N. Prospects for the use of hydrogen micro-additives to improve the environmental performance of a diesel engine./ A.N. Avramenko, A.M. Levterov, V.N. Bgan-tsev, N.Yu. Gladkova, V.N. Kireeva // Journal of Mechanical Engineering. 2019. Vol. 22.No. 2.
4. Titov, S. V. Study of the effectiveness of using a gas additive to an air charge to reduce the concentration of nitrogen oxides in the exhaust gases of a marine diesel engine / S. V. Titov, G. S. Yur, V. V. Konovalov, A. A. Devyatkin// I International Scientific and Industrial Forum "Transport. Development Horizons" VSUVT May 25–28, 2021. – pp. 174–175.
5. Tretyakov P.K. Application of synthesis gas to intensify the combustion of kerosene in a supersonic flow / P.K. Tretyakov, A.V. Tupikin, A.L. Kuranov, S.V. Kolosenok, A.A. Savarovsky, V.M. Abashev.// Physics of Combustion and Explosion, 2020, v. 56, no. 5. – pp. 45-58.
6. Margulis, M. A. Sound-chemical reactions and sonoluminescence / M. A. Margulis.// – M.: Chemistry, 1986. – 288 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Кавитационный газовый генератор, дизельное топливо, водородосодержащая газовая присадка, отсек, вредные выбросы.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Губин Евгений Сергеевич, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Дмитриев Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Швецов Игорь Витальевич, заведующий лабораторией СЭУ ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Юр Геннадий Сергеевич, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМЕР-ГРАФЕНОВЫХ МЕМБРАН ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

И.В. Розов, О.В. Спиренкова, С.В. Титов, А.С. Тушина

### RESEARCH METHOD OF POLYMER-GRAPHENE MEMBRANES FOR HYDROGEN FUEL CELLS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

I.V. Rozov (Postgraduate student of SSUWT)

O.V. Spirenkova (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

S.V. Titov (Doctor. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

A.S. Tushina (Ph.D. of Geological Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article provides an overview of promising types of proton exchange membranes for fuel cells. Some results of studies of composite proton exchange membranes using graphene are presented. A test procedure for a single hydrogen fuel cell is described, applicable for full-scale studies of polymer-graphene membranes and membranes doped with graphene particles. A conclusion is drawn about the prospects of using graphene in fuel cells.

**Keywords:** Hydrogen energy, fuel cell, hydrogen, electrolyte, polymer-graphene membrane, solid polymer electrolyte, graphene, membrane.

В статье представлен обзор перспективных видов протонообменных мембран для топливных элементов. Приведены некоторые результаты исследований композитных протонообменных мембран с применением графена. Описана методика испытаний единичного водородного топливного элемента, применимая для проведения натурных исследований полимер-графеновых мембран и мембран, допированных частицами графена. Сделан вывод о перспективности применения графена в топливных элементах.

Проблемы мирового энергодефицита и прогрессирующего снижения качества окружающей среды в ближайшее время могут стать тормозным механизмом развития мировой экономики и человеческой цивилизации. По этой причине уже сегодня мировой интерес направлен в сторону освоения новых «чистых» технологий производства электроэнергии, к числу которых относятся водородные технологии. Водород рассматривается как наиболее перспективный и практически неисчерпаемый энергоноситель, обладающий преимуществами как в разнообразии форм использования, так и в улучшении экологической обстановки. В развитии водородной энергетики важную роль играет разработка экономичных энергоэффективных топливных элементов [1–3].

Принцип работы водородного топливного элемента заключается в окислении водорода с высвобождением им свободных электронов, которые, перемещаясь во внешнем контуре, вырабатывают электрический ток. Следовательно, в состав топливного элемента входит проводник ионов (электролит), к которому с двух сторон подходят катодный и анодный электроды. На анод производится подача водородного топлива, а на катод – кислорода. Далее происходит разделение водорода на электроны, которые проходят через внешнюю цепь и производят электричество, и протоны, которые диффундируют через электролит, соединяются с кислородом и электронами с образованием побочных продуктов окислительно-восстановительной реакции, таких как вода и тепло [1].

Для ускорения окислительно-восстановительной реакции применяются катализаторы. В качестве катализаторов для топливных элементов используется чистая платина или её сплавы с благородными металлами. Это связано с тем, что мембрана имеет выраженные кислотные свойства. В настоящее время в коммерчески доступных мембранно-электродных блоках (МЭБ) топливных элементов расход платины составляет около  $0,3...0,5$  мг/см<sup>2</sup> на катоде и  $0,2...0,5$  мг/см<sup>2</sup> на аноде. При достигнутых на сегодняшний день характеристиках топливных элементов с твердым полимерным электролитом расход платины в пересчете на единицу мощности батареи составляет порядка 1 г/кВт, при этом стоимость катализатора достигает 30% стоимости компонентов ячейки батареи [4].

Протонообменные мембраны. Для обеспечения хороших выходных и ресурсных характеристик топливных элементов высокие требования предъявляются к электролиту. В топливных элементах применяются жидкие и твердые электролиты, от вида которых будут зависеть эффективность работы, КПД, рабочие температуры и другие параметры. Наиболее распространенными электролитами, применяемыми в настоящее время в водородных топливных

элементах, являются протонообменные мембраны, обеспечивающие проводимость протонов, но не электронов. Они могут быть полимерными или керамическими. Для обеспечения продолжительной и стабильной работы топливного элемента мембраны должны быть устойчивы к воздействию воды, являющейся основным продуктом реакции, и к побочным продуктам. Поэтому к мембране можно представить такие требования, как: отсутствие электронной проводимости; высокая протонная проводимость; сопротивление механическому изменению; малая проницаемость для реагентов; долговременная стабильность [5].

Наиболее известными полимерными мембранами на основе перфторированной сульфокислоты являются «Nafion» производства компании «DuPont», которые имеют высокое сопротивление механическому изменению, при этом инертны и обладают высокой протонной проводимостью  $\sim 0,1$  См/см. Однако на протонную проводимость данного типа мембран, обладающих выраженной гидрофобностью, влияет степень их увлажнения. Поэтому рабочие температуры топливных элементов с протонообменной мембраной ограничены  $80^\circ\text{C}$ .

Кроме того, полимерные мембраны имеют толщину от нескольких микрометров, что влияет на мощность потока протонов, также при их использовании возможны утечки водорода. В связи с этим перспективным решением является добавление в состав протонообменной мембраны графена, т.к. такой прочный и одновременно тонкий материал решит вышеизложенные проблемы.

Композитные протонообменные мембраны с применением графена. Графен – это достаточно перспективный материал для мембран с минимально возможной толщиной (в один атом), но при этом очень прочный, гибкий, химически- и термостабильный. Идеальный графен непроницаем для газов, но анализ последних исследований в области графеновых технологий и проведенные авторами эксперименты показали, что монослой графена обладает весьма высокой протонной проводимостью. Это связано с «неидеальностью» слоя графена, заключающейся в наличии складок, волн на поверхности (эффект кривизны поверхности) [6].

Учёными СГУВТ в сотрудничестве с Институтом теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН были проведены эксперименты по созданию графеновых плёнок методом химического парофазного осаждения (Chemical vapor deposition, CVD).

Проведённые авторами исследования полученных графеновых плёнок показали, что их прочностные характеристики являются недостаточными для прямого использования в МЭБ. Дело в том, что структура графена имеет дефекты, от которых в настоящее время практически невозможно избавиться при синтезе графена в объёмах, необходимых для исследований. К тому же, графен обладает высокой электрической проводимостью, достигающей  $100\text{--}200$  См/см, что может привести к короткому замыканию в МЭБ.

Для получения возможности использования графена в качестве мембраны в МЭБ ТЭ слои графена были нанесены на различные подложки из полимерных диэлектрических газопроницаемых материалов.

Проведены исследования протонообменных свойств полученных мембран в сухом и увлажнённом состоянии, показавшие протонную проводимость, сопоставимую с мембраной марки Nafion 211.

Выполнена микроскопия образцов мембран с помощью оптического микроскопа Микромед ПОЛАР-1. На рисунке 1 приведены фотографии поверхности графена на подложке из полимерной газопроницаемой мембраны, сделанные с помощью цифровой камеры микроскопа Микромед ПОЛАР-1 при 1000-кратном увеличении.

Поскольку графен обладает каталитическими свойствами в окислительно-восстановительных реакциях, его применение позволит уменьшить количество платины, применяемой в качестве катализатора в ТЭ, или полностью от неё отказаться. Наиболее сильными каталитическими свойствами обладают кромки графеновых плёнок. Внедрение графеновых частиц в газодиффузионный слой наряду с допированием платиной является наиболее перспективным способом увеличения протонной проводимости в МЭБ и, соответственно, плотности тока, что также способствует уменьшению массогабаритных показателей топливных элементов.

Полноценные испытания полученной мембраны следует проводить в единичном водородном топливном элементе по методике, включающей в себя сборку элементов ТЭ, наладку испытательного стенда ТЭ, подбор измерительных приборов, определение состава газа, задание последовательности проведения испытаний единичного топливного элемента, проверку вольт-амперной характеристики при постоянном расходе газа, проверку мембран на газовую проницаемость [7].



Однослойное графеновое покрытие полимерной газопроницаемой мембраны



Двухслойное графеновое покрытие полимерной газопроницаемой мембраны



Граница систем графенового покрытия полимерной газопроницаемой мембраны

Рисунок 1 – Поверхность графена на подложке из полимерной газопроницаемой мембраны

Сборка элементов топливного элемента. Процедуры сборки элементов ТЭ оказывают большое влияние на повторяемость данных. Сборочные операции следует задокументировать для следующих основных и дополнительных процедур:

- установка мембраны, включая идентификацию анодной и катодной сторон;
- определение расположения ГДС, включая идентификацию анодных и катодных частей, а также областей, которые должны быть обращены к мембране и проточной области;
- размещение прокладок/уплотнений;
- определение расположения приспособлений и кондукторов, если таковые используются;
- методики и требования к процессу сжатия, такие как степень сжатия диффузионных сред, порядок затяжки болтов, требования к пружинам сжатия и моменту затяжки.

Давление может быть проверено с помощью бумаги (плёнки), чувствительной к давлению.

Испытательный стенд топливного элемента. Для проведения испытаний единичного топливного элемента необходимо наличие испытательного стенда, минимальные функциональные возможности которого должны включать в себя следующие компоненты:

- управление расходом газообразных реагентов для дозирования, подаваемых в ТЭ газообразного топлива и окислителя при требуемой электрохимической стехиометрии;
- управление увлажнением газообразных реагентов до требуемой точки росы перед подачей в ТЭ. Рекомендуемое удельное сопротивление воды должно быть не менее 1 МОм·м или удельная электрическая проводимость – не более  $10^{-4}$  см/м<sup>-1</sup>;
- управление давлением газовых реагентов для регулирования давления внутри ТЭ;
- регулирование нагрузки для получения заданного значения тока ТЭ. Блок нагрузки должен работать либо в режиме стабилизации тока, либо в режиме стабилизации напряжения;
- управление нагревом/охлаждением элемента для нагрева или охлаждения единичного ТЭ до заданной рабочей температуры;
- мониторинг и регистрация напряжения элемента в течение испытания;
- средства управления вышеперечисленными функциями испытательного стенда;
- системы безопасности, позволяющие автоматически (или вручную со звуковой сигнализацией) остановить испытания в случае аварии.

Материалы, используемые в компонентах, контактирующих с увлажненным газом или водой, должны быть совместимы с этими ингредиентами, поэтому, например, наличие частиц нержавеющей стали и фторопласта не допускается.

На рисунке 2 показана принципиальная схема испытательного стенда топливного элемента.

Измерительные приборы. Для измерения напряжения используется вольтметр, который необходимо подключать к анодным и катодным газораспределительным пластинам или коллекторам тока. Влияние электрического контактного сопротивления следует сводить к минимуму.

В качестве устройства измерения тока может использоваться амперметр с низким сопротивлением или калиброванный шунтирующий резистор, который создает точно известное напряжение, отражающее протекание тока. Устройство измерения тока необходимо располагать в токоведущей цепи ТЭ.



Рисунок 2 – Принципиальная схема стенда для испытаний топливного элемента

Для измерения внутреннего сопротивления рекомендуется использовать следующие методы: метод прерывания тока, метод электрохимической импедансной спектроскопии, метод сопротивления переменному току с использованием миллиомметра переменного тока.

Расходы топлива и окислителя могут быть измерены с помощью объемного расходомера, массового расходомера, расходомера турбинного типа, с помощью сопла, измерительной диафрагмы или расходомера Вентури. Расходомер должен быть расположен до увлажнителя.

Измерения температуры ТЭ, топлива и окислителя могут быть произведены с помощью термопары, термометра сопротивления с преобразователем или терморезистора.

Для измерения давления топлива и окислителя предпочтительно использовать калиброванные датчики давления. Также могут быть использованы калиброванные манометры, грузопоршневые манометры, манометры с трубкой Бурдона и другие датчики избыточного давления с упругими элементами.

При измерении влажности топлива и окислителя допускается применять охлажденное зеркало, гигрометр резистивного или емкостного типа на основе оксида алюминия или блочного полимера. Влажность должна быть выражена в качестве температуры точки росы.

Для каждой серии испытаний рекомендуется измерять параметры окружающей среды: температуру, давление и относительную влажность. Для прямого измерения температуры окружающей среды можно использовать термопары с преобразователем или термометр сопротивления с преобразователем, для прямого измерения давления окружающей среды – ртутный барометр, а для прямого измерения влажности окружающей среды – гигрометр.

Состав газа. Чистота водорода должна быть не менее 0,9999 моль/моль.

Если в качестве окислителя используется воздух, допускается применение либо атмосферного воздуха, либо синтетической смеси соответствующего состава (синтетический воздух). При использовании атмосферного воздуха в составе реагента не должно быть масла или твердых частиц.

Последовательность проведения испытаний единичного топливного элемента. Как правило, испытания для определения рабочих характеристик единичного ТЭ проводят при номинальных условиях. Типовая последовательность таких испытаний представлена на рисунке 3.

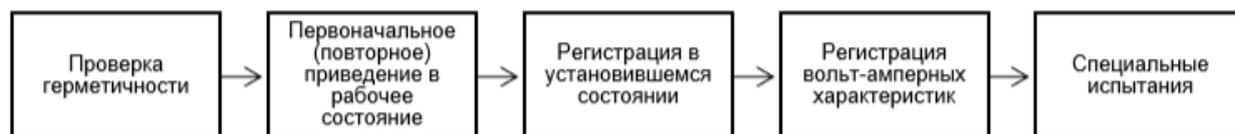


Рисунок 3 – Типовая последовательность операций при проведении испытаний единичного ТЭ

Проверка вольт-амперной характеристики при постоянном расходе газа. Цель испытания – определение изменения напряжения элемента (и параллельно удельной отдачи энергии) при изменении плотности тока в условиях постоянного расхода газа.

Методика испытания.

1. Установить расход топлива и окислителя таким образом, чтобы он соответствовал номинальному значению электрохимической стехиометрии при максимальной плотности тока  $j_{\max}$ , указанной производителем ТЭ.

2. Установить ток  $I_{\max}$  и поддерживать его значение до тех пор, пока напряжение элемента не стабилизируется в диапазоне  $\pm 5$  мВ на протяжении 15 минут.

3. Зафиксировать вольт-амперную характеристику элемента путем измерения тока с соответствующим шагом в диапазоне от 0 до  $I_{\max}$ , поддерживая расходы топлива и окислителя на постоянном уровне.

4. Стабилизировать напряжения в диапазоне  $\pm 5$  мВ на протяжении 5 минут для каждого значения плотности тока. Выполнение процедуры следует зафиксировать в протоколе испытаний.

Проверка мембран на газовую проницаемость. Если при выполнении первого шага проверки в анодной полости давление падает, а в катодной возрастает, то происходит перетекание газа через мембрану. При выполнении второго шага проверки, если давление в катодной полости падает, а в анодной давление растет, то происходит перетекание газа через мембрану в противоположном направлении. Если давление в одной из полостей падает независимо от давления в другой, то происходит утечка за пределы элемента. Если падают давления в обеих полостях, то есть вероятность наличия внешней утечки.

Использование графена в мембранах топливных элементов является весьма перспективным способом улучшения их характеристик и даёт возможность уменьшить содержание дорогостоящего катализатора или полностью обойтись без него.

Сравнительные измерения протонной проводимости полученных мембран показали, что слой графена, нанесённый на подложку из полимерной газопроницаемой мембраны, имеет протонную проводимость, сопоставимую с мембраной Nafion 211.

Применение описанной в статье методики проведения испытаний единичного топливного элемента позволит провести натурные исследования полимер-графеновых мембран, а также мембран, допированных частицами графена.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розов И.В., Титов С.В. Возможности широкого применения водородных топливных элементов на водном транспорте // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2023. – № 1. – С. 113-119.
2. Розов И.В., Спиренкова О.В., Титов С.В., Тушина А.С. Анализ влияния внедрения водородной энергетики на транспорте на снижение выбросов парниковых газов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2023. – № 2. – С. 164-169.
3. Розов И.В., Снытников П.В., Спиренкова О.В., Титов С.В., Тушина А.С. Анализ перспективных видов низкоуглеродного топлива для водного транспорта // Речной транспорт (XXI век). – 2023. – № 3 (107). – С. 35-38.
4. Козлов С.И., Фатеев В.Н. Топливные элементы с твердым полимерным электролитом // Транспорт на альтернативном топливе. – 2016. – № 4 (52). – С. 44-55.
5. Каюмов Р.Р., Сангинов Е.А., Золотухина Е.В., Герасимова Е.В., Букун Н.Г., Укше А.Е., Добровольский Ю.А. «Самоувлажняемые» нанокompозитные мембраны Nafion/Pt для низкотемпературных твердополимерных топливных элементов // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 13 (135). – С. 40-48.
6. Алексеева О.К., Пушкарева И.В., Пушкарев А.С., Фатеев В.Н. Графен и графеноподобные материалы для водородной энергетики // Российские нанотехнологии. – 2020. – Т. 15. – № 3. – С. 280-308.
7. ГОСТ IEC/TS 62282-7-1-2016 Технологии производства топливных батарей. Часть -7-1. Топливные элементы с полимерным электролитом. Методы испытаний единичного элемента: введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 сентября 2017 г. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/649/64948.pdf> (дата обращения: 18.02.2024).

## REFERENCES

1. Rozov I.V., Titov S.V. Possibilities of wide application of hydrogen fuel cells in water transport // Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka. 2023. No. 1. P. 113-119.
2. Rozov I.V., Spirenkova O.V., Titov S.V., Tushina A.S. Analysis of the impact of the introduction of hydrogen energy in transport on reducing greenhouse gas emissions // Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka. 2023. No. 2. P. 164-169.
3. Rozov I.V., Snytnikov P.V., Spirenkova O.V., Titov S.V., Tushina A.S. Analysis of perspective types of low-carbon fuels for water transport // River transport (XXIst century). 2023. No. 3 (107). P. 35-38.
4. Kozlov S.I., Fateev V.N. Fuel cells with solid polymer electrolyte // Transport na alternativnom toplive. 2016. No. 4 (52). P. 44-55.
5. Kayumov R.R., Sanginov E.A., Zolotukhina E.V., Gerasimova E.V., Bukun N.G., Ukshe A.E., Dobrovolsky Yu.A. Self-humidifying Platinum-Nafion nanocomposite membranes for low temperature polymer exchange membrane fuel cells // Alternative Energy and Ecology. 2013. No. 13 (135). P. 40-48.
6. Alekseeva O.K., Pushkareva I.V., Pushkarev A.S., Fateev V.N. Graphene and Graphene-Like Materials for Hydrogen Energy // Nanotechnologies in Russia. 2020. Vol. 15. No. 3. P. 280-308.
7. State Standard IEC/TS 62282-7-1-2016 Technologies for the production of fuel batteries. Part -7-1. Fuel cells with polymer electrolyte. Test methods for a single element: put into effect as a national standard of the Russian Federation on September 1, 2017. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/649/64948.pdf> (access date: 02/18/2024).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Водородная энергетика, топливный элемент, водород, электролит, полимер-графеновая мембрана, твердый полимерный электролит, графен, мембрана.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Розов Илья Владимирович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Спиренкова Ольга Владимировна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Титов Сергей Владиленович, доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Тушина Александра Сергеевна, кандидат географических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

---

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**С.В. Викулов, А.Н. Спиридонова**

### EXPERIMENTAL STUDY OF ACOUSTIC EMISSION FRICTION SURFACES

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**S.V. Vikulov** (Doctor. of Technical Sciences, Head of the Department of Physics, Chemistry and Engineering Graphics of SSUWT)

**A.N. Spiridonova** (Ph.D. of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Technosphere Safety of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** The results of an experimental study of acoustic emission occurring in zero-stiffness systems with dry friction during translational and rotational motion of kinematic friction pairs are presented. It is shown that the noise generated in rubbing surfaces is small and does not reduce the quality of structural noise insulation. The advantage of the dry friction model in weight compensators has been proven.

---

**Keywords:** *Vibration, vibration isolation, dry friction, sound emission, weight compensator, experiment simulation.*

Приведены результаты экспериментального исследования акустической эмиссии, возникающей в системах нулевой жесткости с сухим трением при поступательном и вращательном движении кинематических пар трения. Показано, что шум, возникающий в трущихся поверхностях, является малым и не снижает качества структурной шумоизоляции. Доказано преимущество модели сухого трения в компенсаторах веса.

Задача исследования шума в кинематических парах трения возникла в связи с предложенным в работе [1] техническим решением задачи судовой виброизоляции. Традиционная защита корпуса судна основана на вязкоупругой связи между источником вибрации и защищаемым основанием. Предлагаемая система не содержит упругих элементов и компенсирует силу веса защищаемого оборудования постоянной силой сухого трения. Системы постоянного усилия появились в связи с защитой от ударов [2] и к настоящему времени известны как виброизоляторы нулевой жесткости. Поскольку трение в парах может быть источником фонового шума [3], необходимо доказать его несущественное значение на фоне структурной вибрации от рабочего процесса и шума механизмов судовой энергетической установки.

В различных помещениях судов нормы вибрации различаются существенно. Наиболее строгие нормы в медицинских помещениях, менее строгие на судах, где экипаж только работает, а проживает на берегу. Рабочая зона в помещениях машинного отделения судов с постоянной вахтой, с главной и вспомогательной энергетической установкой должна отвечать требованиям охраны труда. Существенный вклад в акустическую картину судовых помещений вносит структурная вибрация плоских поверхностей [4–7]. Большая часть конструктивных элементов надстроек, рубок и переборок являются пластинами с низким набором собственных частот. Для демонстрации акустической эмиссии проведен эксперимент, показывающий эффект виброизоляции при сухом трении двух поверхностей скольжения. Эксперимент состоял в измерении акустической эмиссии резонатора в зависимости от скорости скольжения двух поверхностей (рисунок 1).

Источником вибрации был электромагнит с частотой колебаний 100 Гц и амплитудой колебаний 0,1...2 мм. Колебания передавались силой сухого трения от плоского деревянного стержня на резонатор. Сила трения обеспечивалась постоянным прижатием. При нулевой скорости скольжения график силы трения имеет форму симметричного меандра. Скорость скольжения изменяет коэффициент заполнения (рисунок 2).

По мере возрастания средней скорости до амплитуды виброскорости, коэффициент

заполнения меандра понижался от 0,5 до нуля. Соответственно, шум трения существенно снижался (таблица 1). Это вполне соответствовало представлениям, рассмотренным в теоретическом исследовании [7].

Осложнением эксперимента был шум источника, который маскировал шум резонатора. Было решено вычитать уровень помех из уровня полезного сигнала, что не в традициях подобных исследований, но правильно оценивает явление.

Во втором подобном эксперименте (таблица 2) регистрировалась вибрация резонатора на расстоянии 0,1 м от источника. Перепад вибрации в этом случае составил 25 дБ для пары трения дерево-дерево и 15 дБ для пары сталь-дерево.

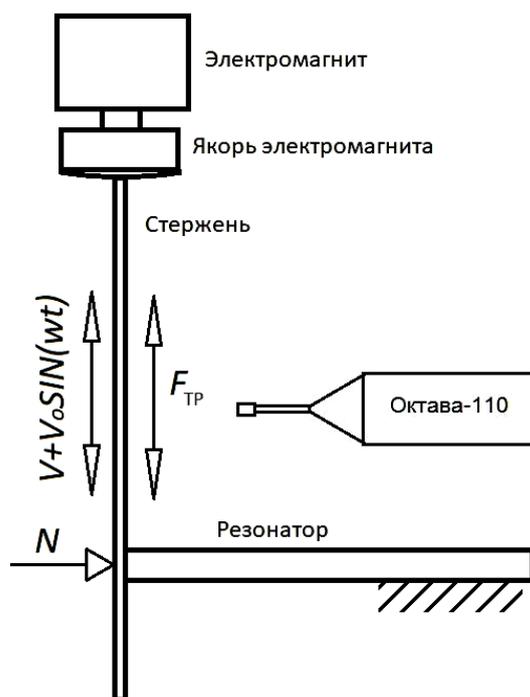


Рисунок 1 – Явление передачи вибрации силой сухого трения на резонатор

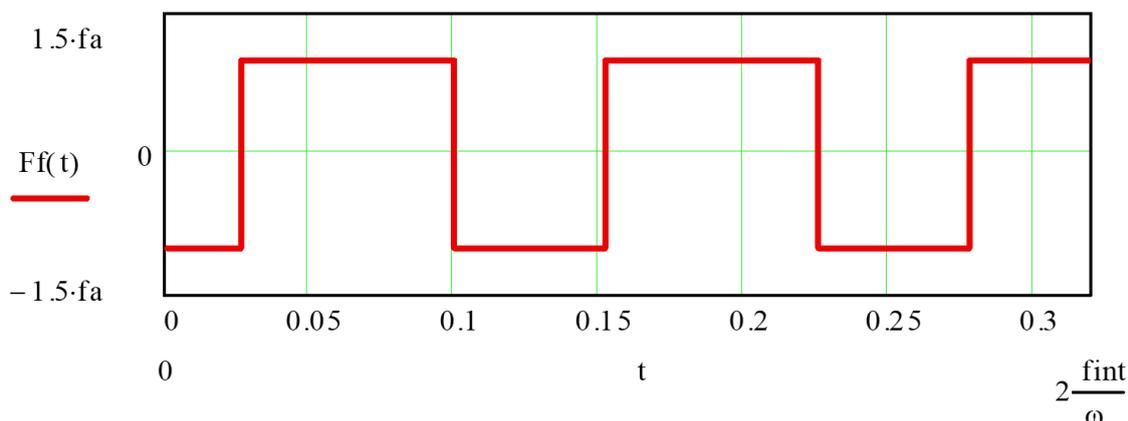


Рисунок 2 – Сила трения  $F_f(t)$  при скорости скольжения 26% от амплитуды виброскорости

Таблица 1 – Зависимость показаний прибора от скорости скольжения

Прибор	ОКТАВА-110А-ЭКО		ВШВ-003-М2	
деревянная поверхность				
Скорость скольжения, м/с	0	0,15	0	0,15
Уровень шума, дБ	78,2	50	82	70
стальная поверхность				
Скорость скольжения, м/с	0	0,15	0	0,15
Уровень шума, дБ	75,1	56,7	80	60

Таблица 2 – Звуковая эмиссия в демонстрационном эксперименте

Скорость	Пара трения	Уровень	Перепад
V=0	Дерево-дерево	128	25
V=Vmax		103	
V=0	Дерево-сталь	127	15
V=Vmax		112	

Во всех экспериментах средний перепад равен 20 дБ или в 10 раз. Сравнение с упругой подвеской такой же эффективности показывает частотное отношение 3,16. В этом случае для пусковых частот агрегата 17 Гц необходимо иметь собственную частоту установленного оборудования 5,6 Гц и статическую просадку около 20 мм. Известные виброизоляторы имеют просадку от 0,8 до 12 мм.

Таким образом, в этих экспериментах доказано преимущество модели сухого трения в компенсаторах веса.

Поддерживающая сила в предыдущем эксперименте действует только при поступательном движении стержня, поэтому опыты были продолжены с вращательным движением, которое позволяет делать поддерживающую силу непрерывной.

За основу системы было принято усилие, возникающее в многодисковой муфте при непрерывном относительном движении полумуфт. Усилие зависит от плеча и может быть любым необходимым для поддержания оборудования. С другой стороны, скорость скольжения на поверхности трения должна быть больше виброскорости, что приводит к скорости вращения. Очевидно, существует постоянная величина равная произведению момента на скорость вращения или некоторая постоянная мощность трения в муфте. Обширные исследования виброактивности дизельных электростанций, проведенные в работе [8] показывают скорость вибрации в пределах 0,01 м/с.

Рассмотрим экспериментальную конструкцию компенсатора веса на основе червячного редуктора с передаточным числом 40 [7, 9]. Привод осуществляется от коллекторного двигателя постоянного тока с постоянным магнитом в статоре и с регулятором частоты вращения через стабилизированное напряжение питания. Частота вращения определялась по напряжению тахометра, установленного на одном валу с двигателем. Напряжение тахометра измерялось цифровым мультиметром DT-8300, а затем переводилось в частоту вращения по тарированному коэффициенту. Паспортная чувствительность тахометра равна 3 вольт на 1000 мин<sup>-1</sup>, или 333 мин<sup>-1</sup>/В. Уточненные значения приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Коэффициент преобразования тахометра

Показание тахометра, В	Частота вращения муфты, мин <sup>-1</sup>	Скорость на входе (мин <sup>-1</sup> ) x 40	Коэффициент мин <sup>-1</sup> /В
1,95	14,29	571,6	293,1282
2,93	20	800	273,0375
4,05	29,27	1170,8	289,0864
5,02	35,29	1411,6	281,1952
Среднее значение коэффициента			284

Характеристика тахометра представлена на рисунке 3.

Полученное значение коэффициента для входного вала 284 мин<sup>-1</sup>/В близко к паспортному значению. Коэффициент для выходного вала получим делением на передаточное число червячного редуктора: 284/40=7,1 мин<sup>-1</sup>/В.

На макете источником вибрации принят магнитоэлектрический вибратор с частотой, задаваемой генератором синусоидальных колебаний (рисунок 4).

Лабораторный эксперимент проводится для определения перепада одноосной вибрации. Для этого была создана модель привода генератора силы (рисунок 5)



Рисунок 3 – Характеристика тахометра в осях напряжение-частота вращения

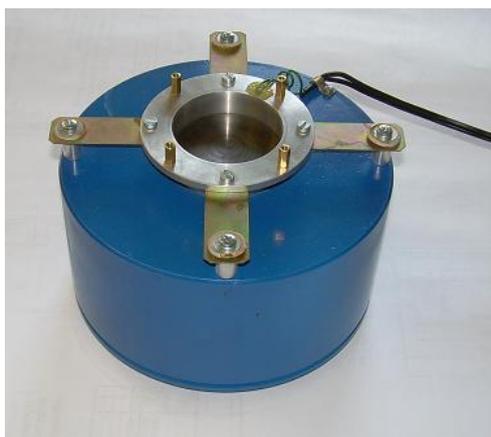
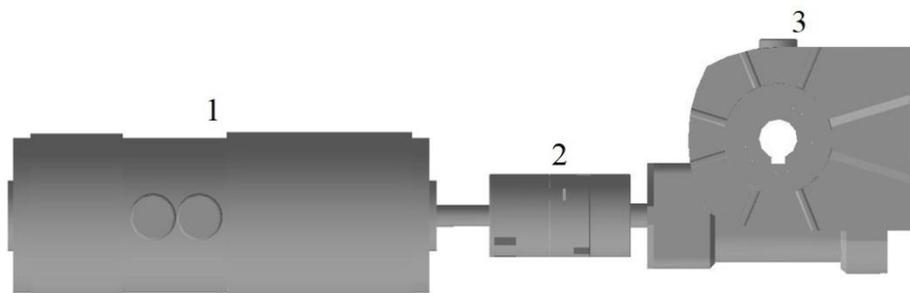


Рисунок 4 – Магнитоэлектрический вибростенд (слева) и генератор (справа)

Рисунок 5 – Трехмерная модель привода генератора силы:  
1 – коллекторный двигатель; 2 – муфта; 3 – червячный редуктор

Привод содержит коллекторный двигатель постоянного тока с питанием от стабилизированного блока питания. Для изменения частоты вращения используется регулятор напряжения. Вал двигателя соединен муфтой типа Oldham с входным полым валом червячного редуктора с передаточным числом 40. Частота вращения двигателя была в диапазоне от 110 до 3500 мин<sup>-1</sup>. На выходном валу редуктора установлены две многодисковые муфты диаметром 35 мм с кольцевой поверхностью трения.

Наибольшая скорость скольжения равнялась 140 мм/с. Это перекрывает скорость вибрации в несколько раз. Минимальная скорость 7 мм/с. Коллекторный двигатель является источником шума и вибрации на частоте вращения выше 1500 мин<sup>-1</sup>, поэтому эксперименты планировались в низкочастотной области.

Несимметричная конструкция элементов многодисковой муфты и односторонний шпоночный паз стали причиной пульсации момента силы трения на 10%. Для преодоления этой трудности муфта была разделена на две одинаковые части.

Экспериментальное исследование включало количественную оценку защитных свойств устройства в диапазоне судовой вибрации. Важным было определение несущей способности фрикционного компенсатора веса и сравнение его грузоподъемности с расчетными

значениями. Для этого задавалась осевая сила прижатия фрикциона через натяг пружины. Усилие компенсатора замерялось индикатором часового типа, связанным с измерительным упругим элементом.

Эффективность опоры зависит от импульса силы сухого трения в течение периода колебаний. Если скорость скольжения меньше скорости колебаний, сила трения передаётся, в противном случае сила трения уравновешена весом. В зависимости от скорости скольжения будем определять эффективность по формуле, учитывающей продолжительность фазы недостаточной скорости скольжения  $b$  к фазе, в которой скорость скольжения превышает виброскорость  $a$

$$e = 1 - \frac{b}{a}. \quad (1)$$

Значения определяются по рисунку 6.

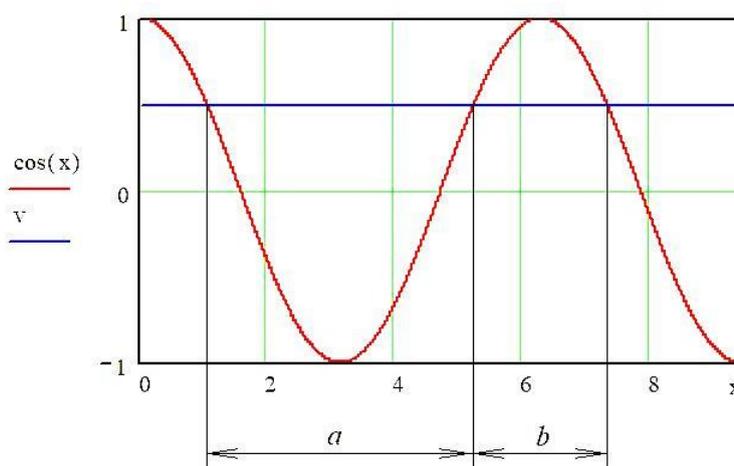


Рисунок 6 – К расчёту относительной эффективности опоры:

$a$  – фаза, в которой скорость скольжения  $v$  превышает виброскорость, заданную функцией  $\cos(x)$ ;  $b$  – фаза, в которой скорость скольжения  $v$  ниже виброскорости, заданную функцией  $\cos(x)$

Графическая зависимость (рисунок 7) строится по формуле

$$e = 1 - \frac{\arccos v}{\pi - \arccos v}. \quad (2)$$

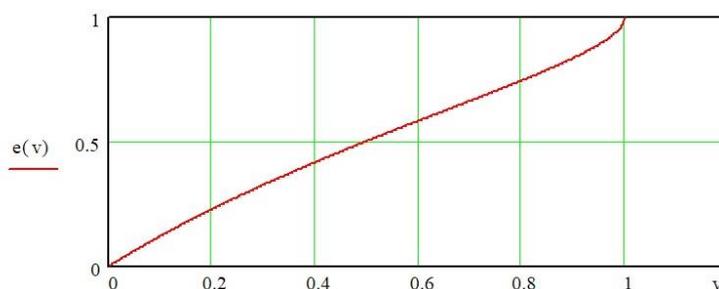


Рисунок 7 – Влияние относительной скорости скольжения  $v$  на эффективность опоры  $e(v)$

Задача эксперимента состояла в построении численной модели передачи вибрации для проверки эффективности опоры с постоянным усилием. Физическое описание построено на сравнении скорости колебаний со скоростью скольжения. Схема системы измерения представлена на рисунке 8.

Уравнение динамики содержит восстанавливающую силу измерительной рессоры, силу трения, равную суперпозиции сил от двух движений: вращения диска с постоянной скоростью и синусоидального движения источника вибрации с заданной амплитудой скорости. Уравнение имеет вид:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = F(f) - c y - b \frac{dy}{dt}. \quad (3)$$

Сила трения представлена условным оператором «if»

$$F(f) = if(f > 0, f_a - f_a). \quad (4)$$

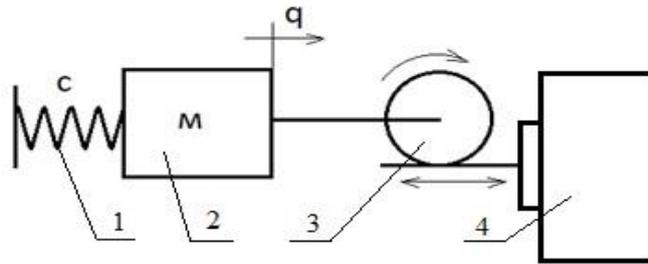


Рисунок 8 – Схема системы измерения:

1 – измерительная пружина с жесткостью  $c$ ; 2 – балластная масса  $m$ ;  
3 – компенсатор веса; 4 – вибростенд;  $q$  – измеряемая величина

В программном пакете Mathcad уравнение (3) записывается в следующем виде (рисунок 9, 10):

$$m := 4.45 \quad \omega := 50 \quad b := 20 \quad c := 6667$$

$$v := 0.0044 \quad f_a := 10 \quad v_0 := 0.0168$$

$$f(t) := v - v_0 \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad Ff(t) := if(f(t) > 0, f_a, -f_a)$$

$$\text{init} := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{initt} := 0 \quad \text{fint} := 8 \quad N := 5000$$

$$D(t, y) := \begin{bmatrix} y_1 \\ \frac{1}{m} \cdot (Ff(t) - c \cdot y_0 - b \cdot y_1) \end{bmatrix}$$

$$R := \text{rkfixed}(\text{init}, \text{initt}, \text{fint}, N, D) \quad i := 0.. N$$

Рисунок 9 – Пример численного моделирования эксперимента

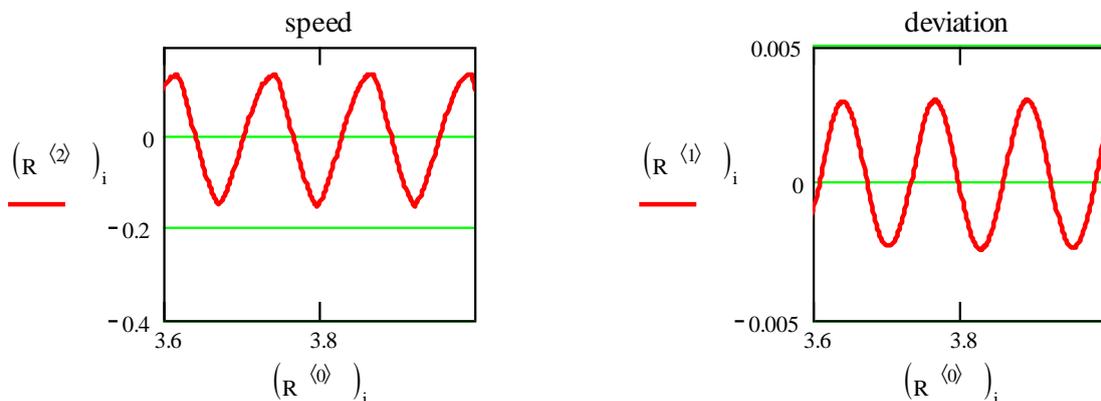


Рисунок 10 – Проверка и отладка программы на параметрах стенда: скорость (слева) и смещение массы (справа)

Приведенные рисунки подтверждают предсказанное ранее в теории [7] реальное поведение системы. Таким образом, данная математическая модель соответствует физической модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановский А.М. Передача вибраций силой сухого трения / А.М. Барановский, А.К. Зуев // Динамика судовых энергетических установок: сборник научных трудов / Новосибирская государственная академия водного транспорта. – Новосибирск, 2001. – С. 47-51.
2. Зуев А.К. Применение систем постоянного усилия / А.К. Зуев // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – №2. – С. 170-175.
3. Справочник по судовой акустике. – Л.: Судостроение, 1978. – 504 с.
4. Добрынин С.А. Частотно-временной анализ акустических сигналов звукового диапазона, генерируемых при трении стали Гадфильда / С.А. Добрынин, Е.А. Колубаев, А.Ю. Смолин, А.И. Дмитриев, С.Г. Псахье // Письма в журнал технической физики. – 2010. – Том 36, вып. 13. – С.47-53.
5. Зинченко В.И. Снижение шума на судах / В.И. Зинченко, В.К. Захаров. – Л.: Судостроение, 1968. – 140 с.
6. Зинченко В.И. Шум судовых двигателей / В.М. Зинченко. – Л.: Судпромгиз, 1957. – 272 с.
7. Барановский А.М. Метод снижения структурного шума (СШ) судового оборудования / А.М. Барановский, С.В. Викулов, А.Н. Спиридонова. // Речной транспорт (XXI век). – 2021. – №1. – С. 49-51.
8. Антошкин А.С. Средства малой энергетики с поршневыми двигателями внутреннего сгорания / А.С. Антошкин, А.А. Балашов, Н.И. Валуйский, А.С. Лихачёв, Д.Д. Матиевский / под редакцией Д.Д. Матиевского. – Барнаул: Изд-во «Агентство рекламных технологий», 2008. – 368 с.

REFERENCES

1. Baranovsky A.M. Transmission of vibrations by the force of dry friction / A.M. Baranovsky, A.K. Zuev // Dynamics of ship power plants: collection of scientific works / Novosibirsk-State Academy of Water Transport. - Novosibirsk, 2001. - P. 47-51.
2. Zuev A.K. Application of systems of constant effort / A.K. Zuev / Scientific problems of transport of Siberia and the Far East. - 2011. - 2. - P. 170-175.
3. Manual for ship acoustics. - L.: Shipbuilding, 1978. - 504 p.
4. Dobrynin S.A. Frequency-time analysis of acoustic signals of sound diapase-zone generated during the training of Gadfielda / S.A. Dobrynin, E.A. Kolubaev, A.Y. Smolin, A.I. Dmitriyev, S.G. Psahye/Physicist/ in Technical magazine 2010. - Volume 36, Rev. 13. - P.47-53.
5. Zinchenko V.I. Noise reduction on ships / V.I. Zinchenko, V.K. Zakharov. - L.: Shipbuilding, 1968. - 140 p.
6. Zinchenko V.I. Noise of marine engines / V.M. Zinchenko. - L.: Sudmoprgiz, 1957. - 272 p.
7. Baranovsky A.M. Structural noise reduction method (CW) of ship equipment / A.M. Baranovsky, S.V. Vikulov, A.N. Spiridonov. // River transport (XXI century). - 2021. - 1. - P. 49-51.
8. Antoshkin A.S. Means of small-scale energy with reciprocating internal combustion engines / A.S. Antoshkin, A.A. Balashov, N.I. Valuiskey, A.S. Likhachev, D.D. Matievsky / edited by D.D. Matievsky. Barnaul: Publishing house "Agency of advertising technologies", 2008. – 368 p.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Вибрация, виброизоляция, сухое трение, звуковая эмиссия, компенсатор веса, моделирование эксперимента.*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Викулов Станислав Викторович, доктор технических наук, заведующий кафедрой физики, химии и инженерной графики ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Спиридонова Анна Николаевна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры Техносферной безопасности ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

А.Ф. Кузнецов

**STUDY OF THE FILTRATION PROCESS OF WATER-FUEL EMULSION**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**A.F. Kuznetsov** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** Filtration of water-fuel emulsions is necessary in fuel preparation systems for marine diesel engines operating on this type of fuel. The possibility of filtering the emulsion through a copper powder filter has been investigated. The degree of influence of the filtration rate on the dispersion composition of the emulsion has been established.

**Keywords:** Emulsion, filter, dispersion.

Фильтрация водотопливных эмульсий необходима в системах подготовки топлива судовых дизелей, работающих на данном виде топлива. Исследована возможность фильтрации эмульсии через фильтр из порошка меди. Установлена степень влияния скорости фильтрации на дисперсный состав эмульсии.

Опыт применения водотопливных эмульсии ВТЭ показал, что они являются мощным средством улучшения экономических и экологических показателей судовых дизелей [1].

Фильтрация эмульсии типа вода-масло необходима в системах подготовки ВТЭ судовых дизелей, работающих на данном виде топлива, в системах очистки смазочно-охлаждающих

жидкостей металлорежущих станков. В системах очистки топлива дизелей, где наличие воды является негативным явлением связанного с конденсацией влаги в топливных баках, также может образовываться стабильная эмульсия.

Фильтрация дизельного топлива необходимое условие при эксплуатации дизельных энергетических установок для обеспечения безопасной и безаварийной работы, снижения скорости износа прецизионных деталей топливной аппаратуры.

Проблема фильтрации ВТЭ заключается в присутствии дисперсной фазы, которая, обладая плотностью выше диспергирующей фазы выпадает в осадок в застойных зонах фильтра с образованием высоковязкой гелеобразной массы. Коалесценция капель в более крупные, превращает эмульсию из ультрадисперсной для микропор фильтра в капли, которые забивают фильтрующую перегородку. Для продавливания крупных капель воды через пору необходимо более высокое давление, которое могут выдержать не все фильтрующие материалы [2]. Это может привести к росту давления на фильтрующей перегородке с последующим ее разрушением или аварийной остановке двигателя.

Капли воды коагулируют твердые механические примеси и увлекают их в поры фильтра, где может произойти закупорка поры коагулированным образованием или продавливание вместе с каплей.

Вероятность прохождения капель эмульсии зависит от ее дисперсности. Рассмотрим пример входа капли воды в пору с условием, что стенки поры смочены топливом и в этом случае у нас имеется не смачиваемый водой капилляр. На рисунке 1 приведена принципиальная схема этого процесса.

Согласно закону Лапласа со стороны части капли перед порой будет действовать сила поверхностного натяжения, равная

$$P_1 = \frac{2\sigma}{r_k} F, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения на границе «вода-топливо»;

$r_k$  – радиус капли;

$F$  – площадь поперечного сечения поры.

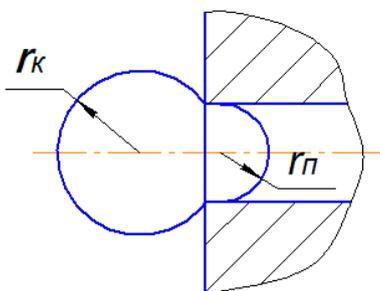


Рисунок 1 – Принципиальная схема процесса входа капли воды в пору

С другой стороны (со стороны поры) на воду будет действовать сила

$$P_2 = \frac{2\sigma}{r_n} F, \quad (2)$$

где  $r_n$  – радиус поры.

Для прохождения капли через пору необходимо приложить силу

$$P_r \geq P_2 - P_1 = 2\sigma \left( \frac{1}{r_n} - \frac{1}{r_k} \right) F. \quad (3)$$

Выражение (3) показывает, что капли радиусом больше радиуса пор могут быть вдавлены в пору преодолевая сопротивление поверхностного натяжения. Всё определяется давлением  $P_r$ , которое могут выдержать фильтрующие перегородки. Твердые частицы (если их размер больше диаметра пор) будут отсеиваться. Это обусловлено тем, что в отличие от твердых частиц капли воды могут деформироваться.

Таким образом, вероятность прохождения капель эмульсии зависит от ее дисперсности. В капиллярном канале может произойти дробление капли на более мелкие и как следствие увеличится дисперсность эмульсии за фильтром.

Для проверки влияния фильтрации на дисперсность эмульсии была изготовлена экспериментальная установка (рисунок 2). Предварительно приготовленная эмульсия с известной дисперсностью заливалась в бак 3, затем на горловину устанавливался фильтр 2. Бак 3

переворачивался на 180 градусов фильтром вниз и при подаче давления от ресивера 5 начинался процесс фильтрации.

Дисперсность эмульсии определяли при помощи микроскопа сравнения МС-51. Для повышения стабильности эмульсии в дизельное топливо добавлялся эмульгатор (1% мазута).

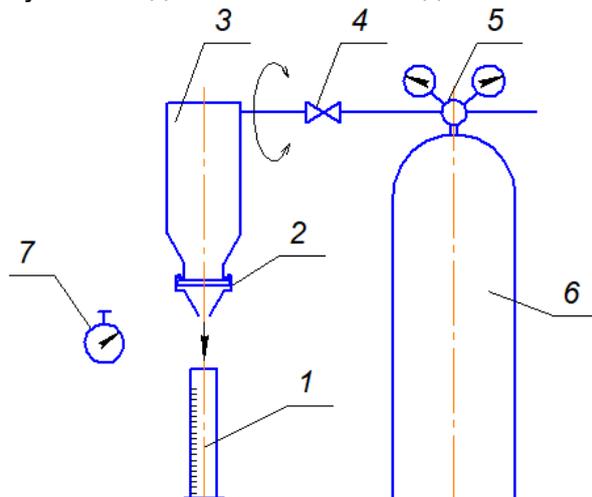


Рисунок 2 – Установка для исследования фильтрационных материалов:  
1 – мерный цилиндр; 2 – крышка с фильтрующим материалом; 3 – бак; 4 – кран;  
5 – редуктор; 6 – ресивер; 7 – таймер

Приготовление эмульсии разной дисперсности выполнялось методом коллоидной мельницы за счет регулировки зазора  $\Delta$  между вращающимися дисками (рисунок 3).

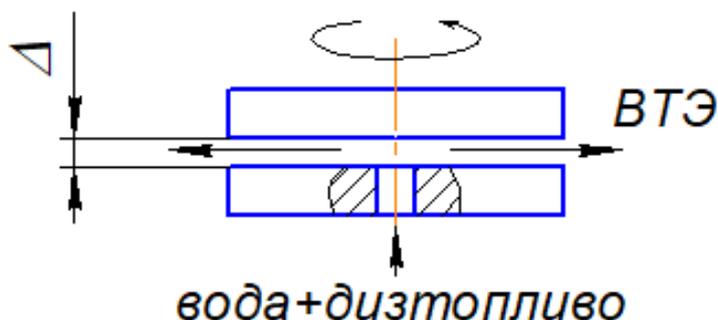


Рисунок 3 – Приготовление эмульсии

В качестве фильтрующего материала использован фильтр из спеченного сферического порошка меди с диаметром частиц 0,2 мм и условным диаметром пор 0,03 мм. В ходе эксперимента измеряли скорость фильтрации и дисперсность эмульсии после фильтра. Параметры дизельного топлива и его эмульсии представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры дизельного топлива и его эмульсии

Массовая концентрация воды	Кинематическая вязкость, $\nu$ мм <sup>2</sup> /с	Плотность, $\rho$ кг/м <sup>3</sup>
0,00	2,60	860
0,10	4,05	872
0,20	4,70	890

В результате эксперимента получены гидравлические характеристики данного фильтра, показывающие изменение удельной скорости фильтрации  $V$  от давления  $\Delta P$  (рисунок 4).

Влияние скорости фильтрации на дисперсный состав эмульсии представлено на рисунке 5.

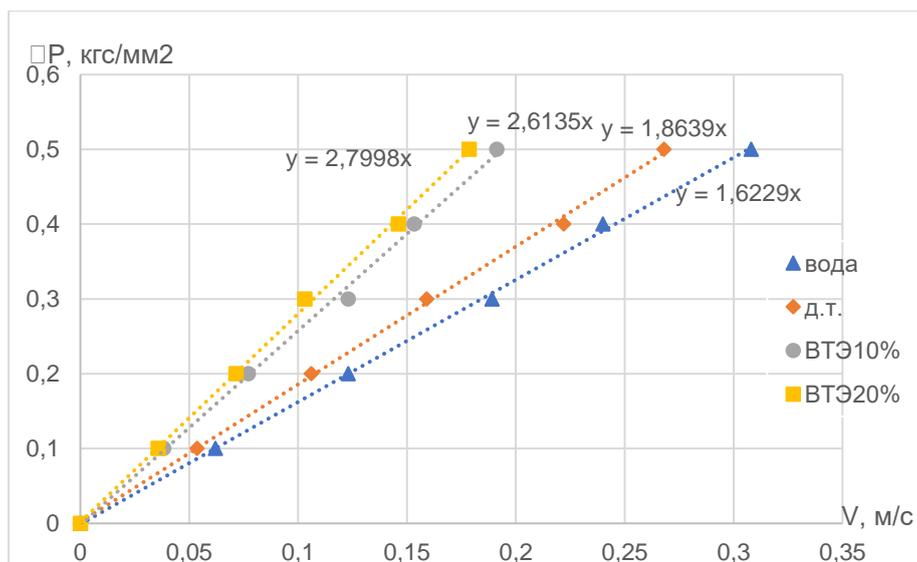


Рисунок 4 – Изменение удельной скорости фильтрации V от давления ΔP

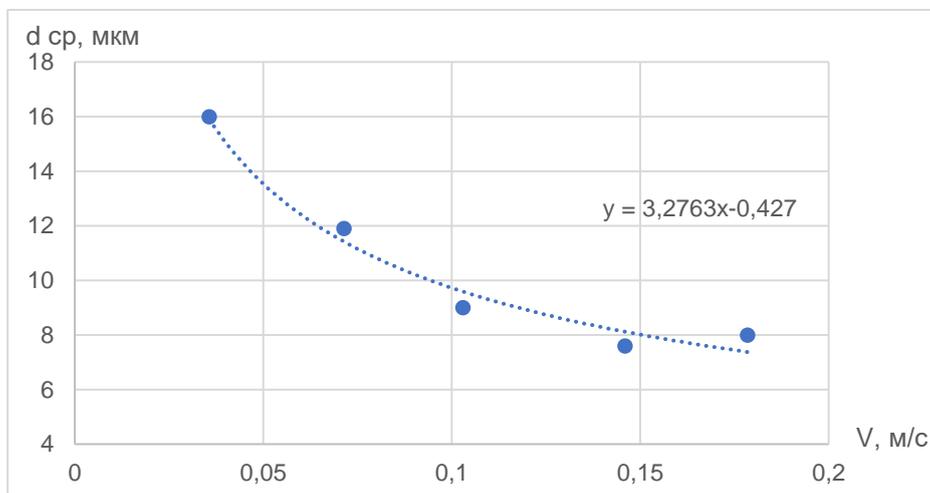


Рисунок 5 – Изменение среднего диаметра капель воды в эмульсии ВТЭ 20% в зависимости от удельной скорости фильтрации

Результаты эксперимента показывают, что увеличение скорости фильтрации эмульсии приводит к увеличению ее дисперсности.

Гидравлические характеристики фильтра носят линейный характер.

При одинаковых условиях при прохождении через фильтр эмульсии создается большее сопротивление в сравнении с чистым дизельным топливом.

Фильтрующий материал на основе спеченного порошка меди может использоваться как эффективное средство очистки ВТЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мироненко И.Г. Особенности эксплуатации судовых дизелей на водотопливной эмульсии /И.Г. Мироненко. – Новосибирск: Наука, 2005.–103 с.
2. Кузнецов А.Ф. Изменение среднеарифметического диаметра капель водной фазы при прохождении ВТЭ через фильтр. // Дизельные энергетические установки речных судов: Сб. науч. Тр. Новосиб. гос. акад. вод. трансп.– Новосибирск. 2000.– С. 81-83

REFERENCES

1. Mironenko I.G. Features of operation of marine diesel engines on a water-fuel emulsion / I.G. Mironenko. Novosibirsk: Nauka, 2005. -103 p.
2. Kuznetsov A.F. Change in the arithmetic mean diameter of droplets of the aqueous phase during the passage of VTEC through the filter. // Diesel power plants of river vessels: Collection of scientific Tr. Novosibirsk State Academy of Waters. transp.– Novosibirsk. 2000.– pp. 81-83

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Эмульсия, фильтр, дисперсность.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кузнецов Алексей Федорович, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГАРНИЗОНА ДОМНА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Забайкальский государственный университет

Т.М. Мухаметшин, Д.В. Богодухов, А.И. Вакарин, С.Г. Штефан

### ECOLOGICAL SAFETY OF THE GARRISON DOMNA

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

Zabaikalsky State University (ZSU), 30, Alexandro-Zavodskaya St., Chita, 672039, Russia

T.M. Mukhametshin (Postgraduate student of SSUWT)

D.V. Bogodukhov (Master's student of ZSU)

A.I. Vakarin (Master's student of ZSU)

S.G. Stefan (Master's student of ZSU)

**ABSTRACT:** This article discusses the basic concepts of environmental safety of the garrison's heat supply. The main classifications of heat supply to a garrison have been identified, and boiler houses providing consumers are considered on the example of the military garrison DOMNA.

**Keywords:** Environmental safety, boiler houses, environmental situation, energy consumption, consumption..

В данной статье рассмотрены основные понятия экологической безопасности теплоснабжения гарнизона. Выявлены основные классификации теплоснабжения гарнизона, а также рассмотрены котельные, обеспечивающие потребителей на примере военного гарнизона Домна.

В рамках концепции экологической безопасности – источники теплоснабжения (котельные и др.) являются основным источником углеродного следа. Их основные топливные ресурсы являются уголь (как основной вид топлива), мазут (как растопочное топливо) и дрова (как резервное топливо для локальных котельных). Котельные составляют основное звено локальных тепло- и водораспределительных систем, обеспечивающие гарнизон теплом и горячим водоснабжением.

Эффективность использования систем жизнеобеспечения людей во многом зависит от правильности инженерных решений в области систем теплоснабжения, отопления, водопроводных систем, систем водоотведения, энергообеспечения и др., что напрямую влияет на качество жизни современного человека [2].

Объект исследования расположен в Забайкальском крае Читинском районе гарнизон Домна. Котельные расположены в начале гарнизона, все вредные выбросы из труб котельных выпадают на гарнизон. Максимально высокий уровень загрязнения в Сибири приходится на конец осени и начало весны. Данное явление происходит даже в поселениях с малым уровнем выбросов загрязняющих веществ. Такой процесс объясняется практически полной остановкой движения воздушных масс, сопровождающихся туманами и большим температурным разбросом. Также, необходимо отметить – данный временной промежуток совпадает с отопительным периодом в Сибирском регионе. В самый нагруженный период уровень загрязнения может возрасти в 3–65 раз, по сравнению с межотопительным периодом [3].

Значительная часть основных фондов производственных предприятий, в том числе: здания котельной, котельное оборудование, газоотводящие и водораспределительные системы – требуют модернизации или реконструкции. Это в первую очередь связано с тем, что тепловые установки на них исчерпали свой ресурс и не отвечают современным эксплуатационным нормам, нормам энергоэффективности и снижения выбросов веществ, загрязняющих окружающую среду [1].

Котельные являются комплексом технических средств с котлами и вспомогательным технологическим оборудованием, предназначенным для выработки тепла потребителям: теплоснабжение, горячее водоснабжение и возможная поставка пара предприятиям. Расход энергии на отопление является сезонной нагрузкой, что приводит к ресурсным и эксплуатационным затратам межотопительного сезона. Эти нагрузки зависят от климатических условий, температуры наружного воздуха его влажности, направления и скорости ветра, продолжительности отопительного сезона. Котельная с инвентарным № 1347 оснащена водогрейными водотрубными котлами КВр-0,63 – три котла и КВТ-75БМ – 8 котлов. Котельная с инвентарным № 1455 оснащена водогрейными водотрубными котлами, КВр-0,63 – три котла, КВТ-75БМ –

три котла, КВр-2,0 – два котла. Котлы на объектах выполнены с ручной подачей топлива, работающих на буром угле, резервное топливо дрова.



Рисунок 1 – Общая фотография гарнизона с расположением котельных

В связи с проводимой оптимизацией вся отопительная нагрузка от котельной № 1347 прекращена, тепловая сеть присоединена к котельной №1455. Котельная № 1347 обеспечивает потребителей горячим водоснабжением. Из одиннадцати котлов в постоянной работе два котла остальные находятся в резерве. Согласно информации взятой из паспорта котельной, установленная мощность котельной составляет 7,89 Гкал/час. Тепловая нагрузка котельной: 0,515977 Гкал/час-отопление 0,020952, ГВС-0,495385. Общая длина трассы ГВС – 1414,6 м. Здание котельной построено в 1970г.

Котельная № 1455 вырабатывает тепловую энергию обеспечивающая значительную часть городка. Все котлы в период отопления находятся в работе, резервная котельная считается № 1347 на случай аварии. Согласно информации взятой из паспорта котельной, установленная мощность котельной составляет 7,89 Гкал/час. Тепловая нагрузка котельной: 0,515977 Гкал/час-отопление 0,020952, ГВС-0,495385. Максимальная тепловая котельной нагрузка Зимой, Гкал/час: 5,268411. Общая длина трассы ЦО – 3088,4 м. в две нитки-6176,8м. Теплоноситель – вода. Здание котельной 1990г. постройки.



Рисунок 2 – Здание котельной

Согласно проведенного анализа необходимо оптимизировать следующие аспекты работы котельной:

- техническое перевооружение систем подачи топлива;
- регулярное проведение режимно-наладочных испытаний (проверка рабочих режимных карт, отладка режима горения и т.д.);
- регулярный анализ отходящих дымовых газов на предмет соответствия режимным картам и дальнейшая отладка режима горения;
- отслеживание соответствия режимов горения температурным графикам;
- снижение теплотерь за счет утепления теплотрасс как снаружи, так и внутри котельных;
- применение деаэрации воды, повышение температуры питательной воды;
- установка экономайзера или теплоутилизатора, очистка поверхностей нагрева с обеих сторон путем химической или гидродинамической промывки, а также с помощью ультразвука;
- перераспределение нагрузки на другую котельную, расположенную с другой стороны городка.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Батухтин А. Г. Комплексное совершенствование технологий тепловой и нетрадиционной энергетики для повышения эффективности систем централизованного теплоснабжения (на примере Забайкальского края): дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.01. Иркутск, 2022.
2. Семенцова, А. М. Проблемы в системах отопления / А. М. Семенцова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 5 (243). — С. 26-27. — URL: <https://moluch.ru/archive/243/56185/>. (дата обращения: 13.04.2023).
3. Экологические проблемы Забайкальского края. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/1957506/page:67/>. Текст: электронный.

**REFERENCES**

1. Batukhtin A. G. Complex improvement of thermal and non-traditional energy technologies to increase the efficiency of district heating systems (on the example of the Trans-Baikal Territory): dis. ... Doctor of Technical Sciences: 05.14.01. Irkutsk, 2022.
2. Sementsova, A.M. Problems in heating systems / A.M. Sementsova. — Text : direct // Young scientist. — 2019. — № 5 (243). — Pp. 26-27. — URL: <https://moluch.ru/archive/243/56185/>. (date of application: 13.04.2023).
3. Environmental problems of the Trans-Baikal Territory. [Electronic resource] — Access mode: <https://studfile.net/preview/1957506/page:67/>. Text: electronic.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Экологическая безопасность, котельные, экологическая обстановка, энергозатратность, потребление.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Мухаметшин Тимур Маратович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Богодухов Дмитрий Владимирович, магистрант ЗГУ  
Вакарин Алексей Игоревич, магистрант ЗГУ  
Штефан Сергей Григорьевич, магистрант ЗГУ

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
672039, г. Чита, ул. Александрo-Заводская, 30, Забайкальский государственный университет

---

# ЧАСТОТА ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ КАК ФАКТОР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭЛЕКТРОПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ САЭЭС

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Ю.Н. Смыков, С.В. Горелов, Т.А. Толашко

## THE FREQUENCY OF THE SUPPLY VOLTAGE AS A FACTOR OF ENERGY EFFICIENCY AND ELECTRICAL FIRE SAFETY OF THE SAEES

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**Y.N. Smykov** (Associate Professor of the Department «Electric power systems and electrical engineering» of SSUWT)

**S.V. Gorelov** (Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Electric power systems and electrical engineering» of SSUWT)

**T.A. Tolashko** (Senior Lecturer of the Department «Electric power systems and electrical engineering» of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article is devoted to a comprehensive review of the aspects of the influence of the frequency of the supply voltage of the ship's automated electric power system. The importance of taking into account these aspects as an important part of training specialists to work on ships of various production and having significant differences when considering nominal electric power parameters is emphasized. The presented data and formulas will be useful when considering the design and operation of the SAES and the coastal electric power infrastructure of ports and port waters. The main purpose of this article is to study aspects of improving energy efficiency and electrical fire safety in order to in-depth training and reduce the time of operational adaptation to network parameters that differ from general industrial ones, both on the part of the ship's crew and during the development of Smart Grid systems ("intelligent power supply networks").

**Keywords:** *Electrical and fire safety, energy efficiency, conductive low-frequency electromagnetic interference, ship automated electric power system.*

Статья посвящена всестороннему рассмотрению аспектов влияния частоты питающего напряжения судовой автоматизированной электроэнергетической системы. Подчеркивается значение учет указанных аспектов как важной части подготовки специалистов для работы на судах различного производства и имеющих существенные различия при рассмотрении номинальных электроэнергетических параметров. Представленные данные и формулы будут полезны при рассмотрении вопросов проектирования и эксплуатации САЭЭС и береговой электроэнергетической инфраструктуры портов и акваторий портов. Основной целью данной статьи является проработка аспектов повышения энергоэффективности и электропожаробезопасности с целью углубленной подготовки и снижению времени эксплуатационной адаптации к параметрам сети отличающимся от общепромышленных, как со стороны экипажа судна, так и при разработках систем Smart Grid («интеллектуальные сети электроснабжения»).

Одной из особенностей при подготовке высококвалифицированных специалистов в электроэнергетической сфере является сравнительный анализ передовых технологий с целью повышения энергосбережения, энергоэффективности и электропожаробезопасности электроэнергетических систем, в том числе судовых.

К одному из таких вопросов относится применение частоты питающего напряжения в судовых электроэнергетических системах, значительно отличающихся от общепромышленной частоты 50Гц. Так преобладание судовых энергосистем (а) бортовое напряжение и (б) частота бортового питания судна [1] на судах мирового флота представлено на рисунке 1. Исходя из указанного на рисунке 1 соотношения по частоте питающего напряжения представляет интерес всестороннее изучение аспектов эксплуатации судовой автоматизированной электроэнергетической системы, при частоте питающего напряжения 60Гц.

Одним из примеров может служить расчет токов короткого замыкания, проверка электрооборудования на электродинамическую и термическую устойчивость, или другой пример, проверка на динамическую устойчивость электрических машин. При этом общая направленность соответствует выявлению наиболее часто встречающихся или имеющих высокую вероятность появления предаварийных и аварийных ситуациях. Подвиды аварийных ситуаций, с индивидуальными особенностями и факторами, рассмотрены недостаточно. Решение частных задач подразумевается на основе обобщенного опыта на месте эксплуатации электрооборудования и применения основополагающей (базовой) теорией. С другой стороны, применение искусственного интеллекта, повышение степени

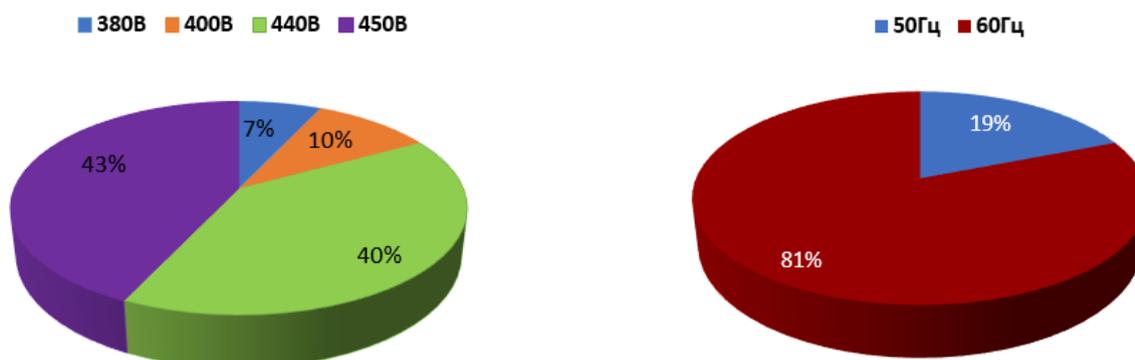


Рисунок 1 – Преобладание судовых энергосистем (а) бортовое напряжение и (б) частота бортового питания судна

За счет повышения частоты достигаются следующие эффекты:

- снижение масса – габаритных показателей электрооборудования, в частности электродвигателей, так как скорость вращения выше на 20%;

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (1)$$

где  $p$  – число пар полюсов

- более жесткий рабочий участок механической характеристики асинхронного электродвигателя, рисунок 2. (при рассмотрении приведённого асинхронного электродвигателя 60Гц);

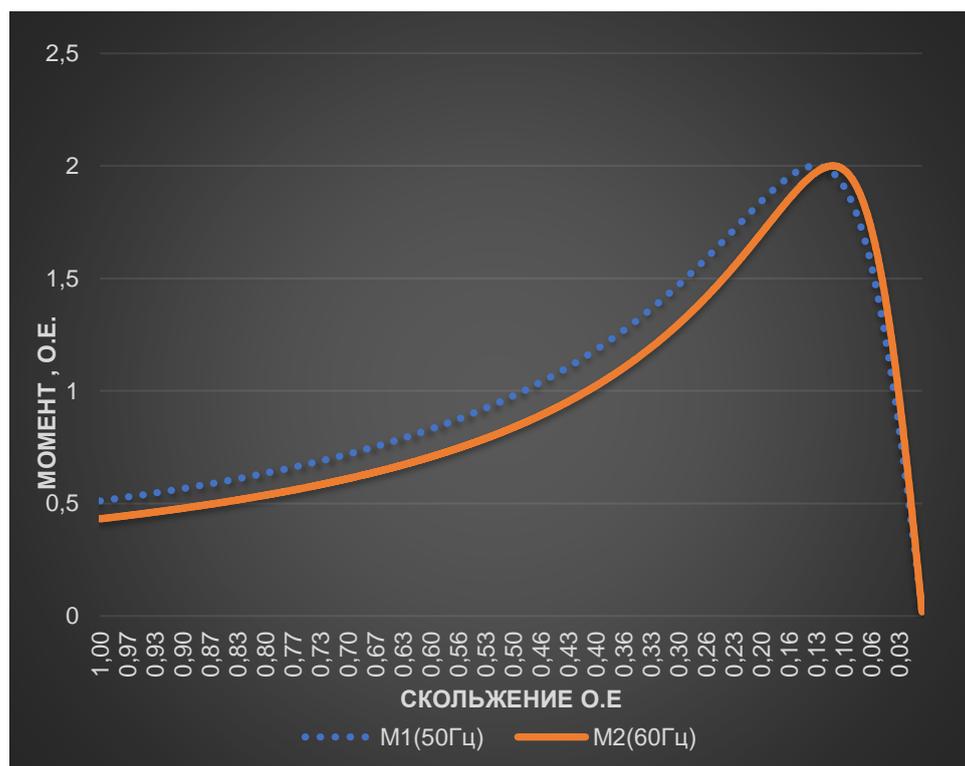


Рисунок 2 – Механические характеристики электродвигателя при частоте питающего напряжения САЭЭС 50 Гц и 60 Гц соответственно

- более низкий коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения, при рассмотрении однотипных выпрямителей;
- более высокая динамическая устойчивость синхронных генераторов;
- сравнительно меньше становится влияние токов обратной последовательности;
- сравнительно больше становятся потери в стали статора электрических машин;

$$P_a = K_{Ta} \cdot P_{1/50} \cdot B_a^2 \cdot m_a \cdot \left(\frac{f}{50}\right)^{1,3} \quad (2)$$

где  $K_T$  – коэффициент увеличения потерь из-за частичного замыкания листов:  
при  $P_H \leq 100$ кВт :  $K_{Ta} = 1,5$ ;  $K_{Tz} = 2$

при  $P_H > 100$ кВт :  $K_{Ta} = 1,3$ ;  $K_{Tz} = 1,7$

$P_{1/50}$  – удельные потери в стали при индукции 1Тл и частоте 50Гц;

$m_a$  – масса спинки.

– происходит увеличение механических и вентиляционных потерь;

$$P_{MB} = 3680 \cdot p \cdot \left(\frac{V_{окр}}{40}\right)^3 \cdot \sqrt{l_t \cdot 10^{-3}}, \quad (3)$$

где  $V_{окр} = \frac{\pi \cdot D_i \cdot n \cdot 10^{-3}}{60}$

– снижение энергоэффективности и дополнительные капитальные затраты при электрооборудовании судов от береговой электрической сети через преобразователь частоты, так акватория использования судов обширна.

Рассмотрим влияние частоты питающего напряжения на электропожаробезопасность. Следует подчеркнуть, что исследований работ по судовым электроэнергетическим работам достаточно мало, поэтому они обладают высокой значимостью, а развитие флота делает их востребованными и актуальными. Одной из подобных работ является анализ режимов нейтрали в судовых высоковольтных электроэнергетических системах [2], исходя из данных в указанной работе проведем анализ изменения уровня электропожаробезопасности при изменении частоты питающего напряжения (при прочих равных).

Таблица 1 – Емкость высоковольтного ГРЩ 1

Наименование	Мощность	Сечение кабеля	Длина	Число кабелей в фазе	Емкость одного метра	Общая емкость кабеля	Емкость электрооборудования	Емкость электрооборудования с учетом кабеля
	МВт	мм <sup>2</sup>	м	шт.	мкФ/м	мкФ	мкФ	мкФ
Генератор 1	9,4	120	30	4	0,00045	0,05400	0,1700	0,2240
Генератор 2	9,4	120	31	4	0,00045	0,05580	0,1700	0,2258
Главный трансформатор 1	3,5	70	13	2	0,00037	0,00949	0,0001	0,0096
Трансформатор электродвижения 1	7,7	120	32	4	0,00045	0,05760	0,0048	0,0624
Трансформатор электродвижения 2	7,7	120	30	4	0,00045	0,05400	0,0048	0,0588
Балластный насос	0,4	16	33	1	0,00023	0,00752	0,0466	0,0541
Носовое подруливающее устройство	2,2	120	310	1	0,00045	0,13950	0,1500	0,2895
Общая емкость всех носителей						0,37791	0,54630	0,92421

$$I_3 = \frac{U_\phi}{\sqrt{\left(r_3 + \frac{r_0 \cdot x_c^2}{r_0^2 + x_c^2}\right)^2 + \left(\frac{r_0^2 \cdot x_c}{r_0^2 + x_c^2}\right)^2}} \quad (4)$$

$$I_3 = \frac{U_\phi}{\sqrt{r_3^2 + x_c^2}} \quad (5)$$

При прочих равных емкостное сопротивление при более высокой частоты питающего напряжения высоковольтной судовой электроэнергетической системы (ВЭЭС) будет меньше на 20%, соответственно ток однофазного замыкания на корпус судна при резистивном режиме нейтрали формула 4 и при изолированной нейтрали формула 5, будет пропорционально увеличиваться. При равных начальных условиях вероятность тяжелого исхода прикосновения

человека к токоведущим частям электрооборудования в зависимости от времени будет выше при более высокой частоте питающего напряжения ВЭЭС. При этом следует, отметить, что согласно требованиям Правил морского Регистра, сопротивление в нейтрали должно выбираться таким, чтобы ток металлического о.з. не менее чем втрое превышал чувствительность реле защиты от о.з. Исходя из выполнения указанных требований разница в токах короткого замыкания нивелируется, поэтому при выборе частоты питающего напряжения ВЭЭС не учитывается данный аспект.

Таким образом, при частоте питающего напряжения САЭЭС 60 Гц обеспечивается ряд положительных аспектов, включая меньшее воздействие кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по провалу напряжения, см рисунок 2.; более высокая динамическая устойчивость электрических машин; увеличение абсолютных значений частоты сети при рассмотренной однотипной величины статизма; снижение пульсаций выпрямленного напряжения (при рассмотрении работы выпрямителя); снижение масса – габаритных показателей электрооборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пospelov Г.Е. Логическая структура средств повышения динамической устойчивости систем электропередачи // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2009. № 4. С. 12-20.

REFERENCES

1. Pospelov G.E. Logical structure of means for increasing the dynamic stability of power transmission systems // Energy. News of higher educational institutions and energy associations of the CIS. 2009. No. 4. P. 12-20.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Электропожаробезопасность, энергоэффективность, кондуктивная низкочастотная электромагнитная помеха, судовая автоматизированная электроэнергетическая система.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Смыков Юрий Николаевич, доцент кафедры «ЭСЭ» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Горелов Сергей Валерьевич, доктор технических наук, профессор, Зав. кафедры «ЭСЭ» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Толашко Татьяна Алексеевна, старший преподаватель, кафедра «ЭСЭ» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## АНАЛИЗ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПРОВОДНИКА РАБОТАЮЩЕГО ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Р.Г. Галеев, С.Н. Реутов**

**ANALYSIS OF A HIGH-TEMPERATURE SUPERCONDUCTING CONDUCTOR OPERATING AT AN INCREASED FREQUENCY OF ALTERNATING CURRENT**

Novosibirsk State Technical University (NSTU), Karl Marx Avenue 20, Novosibirsk, 630073, Russia  
Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia  
**R.G. Galeev** (Assistant of the Department of Theoretical Foundations of Electrical Engineering of NSTU)  
**S.N. Reutov** (Educational master of the Department of Electrical Equipment and Automation of SSUWT)

**ABSTRACT:** The use of high-temperature superconducting conductors (HTS) has great prospects in electric machines operating at an increased frequency of electric current. HTSP is an ideal diamagnet, combined with high electrical conductivity, which eliminates the negative effect of the skin effect, which is more intense when the frequency increases. The significance of this study is to increase the efficiency of transformer electrical equipment and increase the specific power per unit weight.

**Keywords:** Superconductivity, high frequency, skin-effect, current density.

Применение высокотемпературных сверхпроводящих проводников (ВТСП) имеет большую перспективу в электрических машинах, работающих на повышенной частоте электрического тока. ВТСП является идеальным диамагнетиком, в совокупности с высокой электропроводностью, что позволяет исключить отрицательное влияние скин-эффекта, который интенсивнее проявляется при повышении частоты. Значимость данного исследования заключается в повышении КПД трансформаторного электрооборудования и увеличение удельной мощности на единицу веса.

При промышленной частоте 50 и 60 Гц, используемой во всем мире, сопротивление скин-эффекту незначительно и обычно не учитывается. Эффект вытеснения возникает вследствие магнитного потока во внутреннем пространстве проводника, созданным действующим током в проводе [1]. Ток, индуцируемый внутренним магнитным потоком, ближе к центру провода имеет противоположное направлению действующему току  $I$  и попутное направление по внешнему контуру проводника. Скин-эффект приводит к экспоненциальному уменьшению плотности тока с глубиной [2].

Электромагнитная поверхностная глубина  $\delta$ , на которой плотность тока составляет  $1/e$  ( $\approx 37\%$ ) от его поверхностной плотности, определяется уравнением

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi \sigma f \mu}} I \quad (1)$$

где  $\sigma$  – проводимость проводника;  
 $\mu$  – проницаемость проводника.

От поверхности к оси провода плотность тока  $J$  уменьшается по экспоненциальной зависимости.

$$J_z = J_0 \cdot e^{-\frac{z}{\delta}} \quad (2)$$

где  $J_0$  – плотность тока на поверхности;  
 $z$  – глубина производимого расчета.

Из (1) и (2) следует, что чем ближе к оси проводника, тем меньше плотность тока тем самым значительная площадь сечения провода не задействована в передачи электроэнергии. Как представлено на рисунке 1.

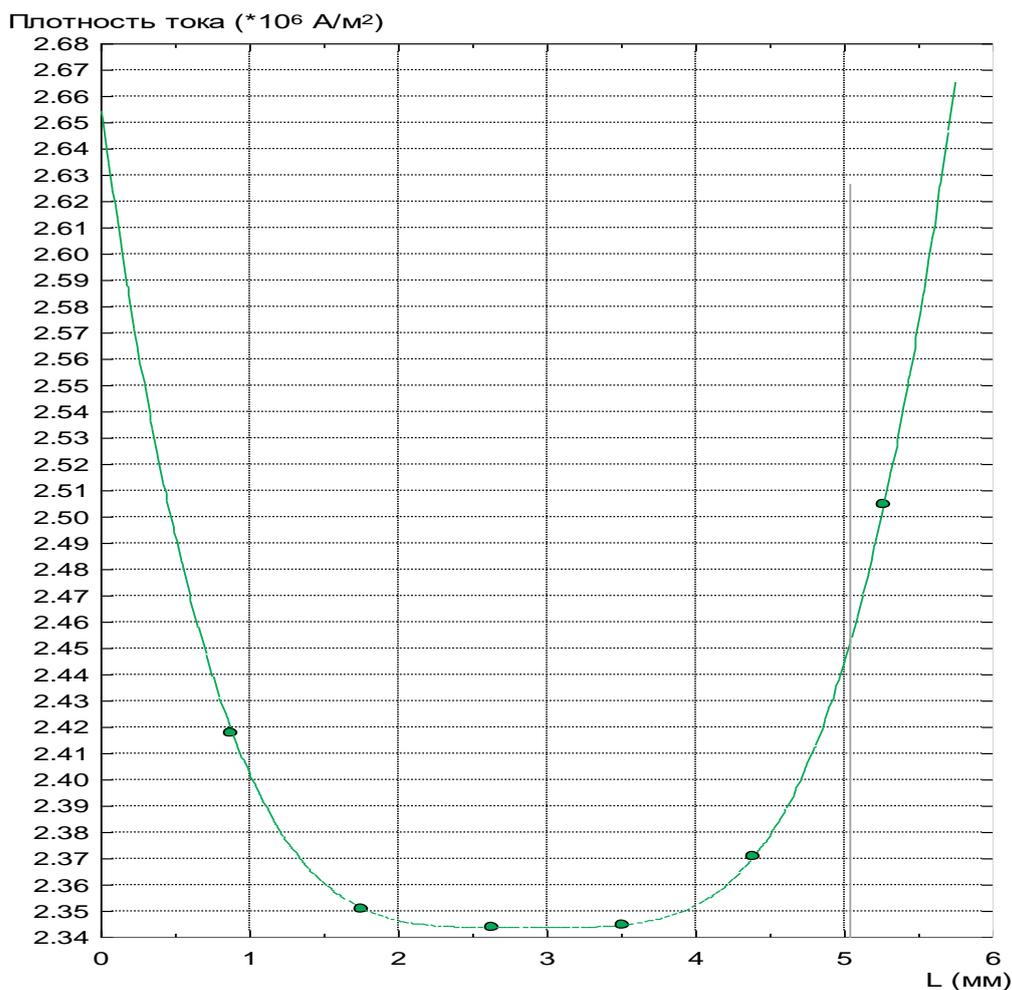


Рисунок 1 – Графическое отображение плотности тока по сечению проводника

Из анализа следует, что при проектировании сверхпроводящего трансформатора на повышенной частоте необходимо принимать во внимание скин-эффект. В программной среде Elcut профессиональной версии 6.6 методом конечных элементов произведено моделирование вытеснения тока к поверхности для медного проводника диаметром 5,7 мм и плотностью тока  $2,4 \text{ A/mm}^2$  при частоте переменного тока: 200, 400 и 800 Гц. На рисунке 2 представлена цветовая диаграмма вытеснения тока к поверхности проводника. В поперечном сечении медного провода площадью  $25,5 \text{ мм}^2$  с шагом дискретизации 0,05 мм получена сетка конечных элементов с 1306 узлами, что в полной мере отображает картину, на которой видно, что при частоте 400 Гц и выше более явно проявляется скин-эффект. Медь по магнитным свойствам относится к диамагнетикам, но её магнитная проницаемость больше нуля  $\mu = 0,999990$  [3,4]. Это приводит к проникновению магнитного поля вглубь проводника и образованию магнитной индукции определенной напряженностью, что ведет к образованию вихревых токов. Их повышение, в свою очередь, влечет за собой к более интенсивному вытеснению тока к поверхности проводника. В связи с этим возрастает выделение тепла и падение напряжения.

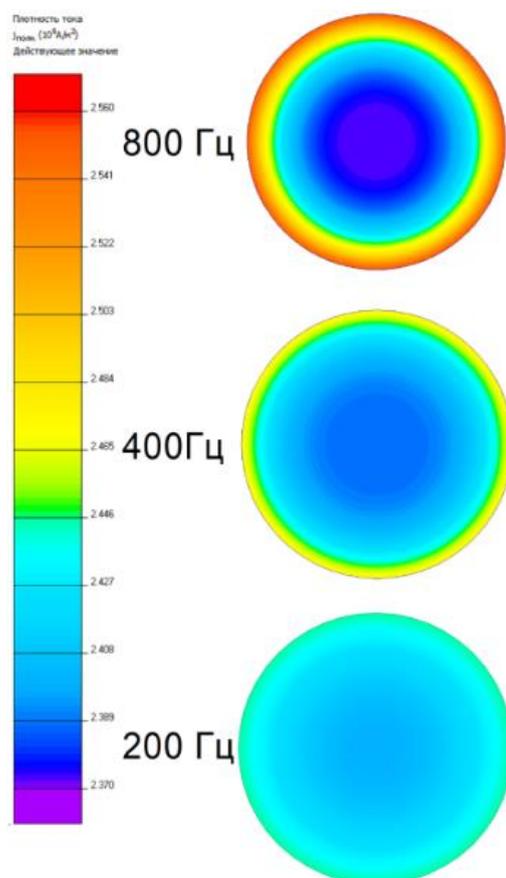


Рисунок 2 – Цветовая диаграмма вытеснения тока к поверхности проводника при повышении частоты

Сверхпроводники являются абсолютными диамагнетиками, магнитная проницаемость которых равна нулю при этом происходит полное вытеснение магнитного поля из объема проводника в сверхпроводящем состоянии. Отсутствие магнитного потока внутри проводника, созданного током протекающим в проводе, исключает создание вихревого электрического поля, которое направлено против движения электрического тока внутри провода. Поток магнитной индукции для медного проводника и ВТСП показан на рисунке 3.

В сверхпроводнике электроны формируют пары, называемые куперовскими парами, которые образуют сверхпроводящее состояние. Они обладают нулевым спином и могут передвигаться без взаимодействия с кристаллической решеткой, вызывая нулевое сопротивление в материале. Эта подтверждается эффектом вытеснения внешнего магнитного поля из тела сверхпроводника за счет внутреннего вихревого тока (эффект Мейснера) в сверхпроводниках.

ВТСП проводники обладают нулевым сопротивлением при температуре 77 К, следовательно выражение (1) трудно применимо.

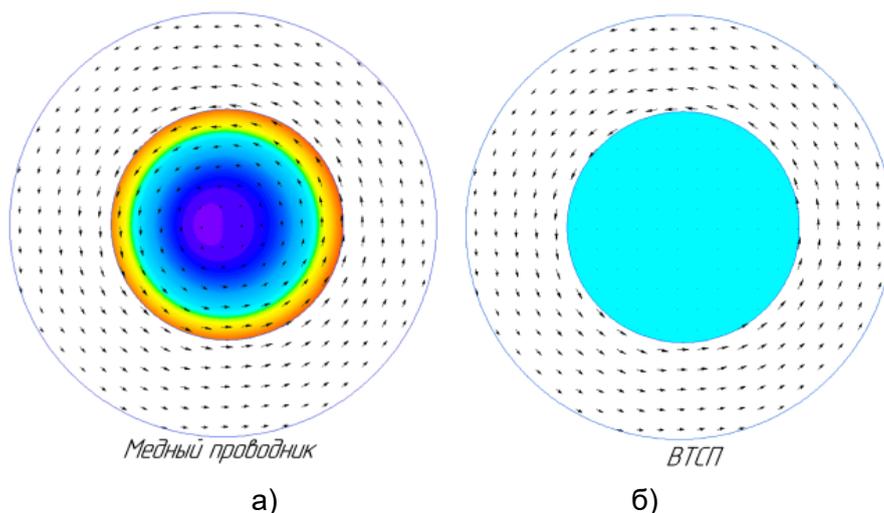


Рисунок 3 – Проникновения магнитного потока в глубь проводника при 800 Гц:  
а) Медного проводника; б) ВТСП

Применение ВТСП проводников имеет высокую перспективу в воздушном и морском транспорте, где применяется высокая частота электрического

Проведенное исследование позволяет утверждать, что применение высокотемпературных сверхпроводников в состоянии сверхпроводимости исключает явление скин-эффекта, что в свою очередь позволяет неограниченно повышать частоту электрического тока в перспективе 1000 и более Гц. Это приведет к значительному уменьшению массогабаритных характеристик генерирующего и преобразующего оборудования системы электроснабжения и увеличению энергоемкости и, следовательно, к увеличению КПД.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Malcolm S. R. Experimental measurements of the skin effect and internal inductance at low frequencies // Article in Acta Technica CSAV (Ceskoslovensk Akademie Ved). – 2015/– vol.60.– pp.51–69.
2. Pein A. Skin effect, proximity effect and the resistance of circular and rectangular conductors. 2022. 41 p.
3. Corcoran J. Nagy P. B. Compensation of the Skin Effect in Low-Frequency Potential Drop Measurements // Journal of Non-destructive Evaluation. – 2016.– vol. 35.– no. 4.– doi: 10.1007/s10921-016-0374-4.
4. Ibrahim M., Pillay P. Core loss prediction in electrical machine laminations considering skin effect and minor hysteresis loops// IEEE Transactions on Industry Applications. – 2013– vol. 49– no. 5.– p.p. 2061-2068.– doi: 10.1109/TIA.2013.2260852.
5. Манусов В.З., Галеев Р.Г. Высокотемпературный сверхпроводящий трансформатор работающий на повышенной частоте переменного тока // Проблемы региональной энергетики. – 2023.– № 4 (60).– С. 43-54. doi: 10.52254/1857-0070.2023.4-60.04
6. Разработка силовых трансформаторов с высокотемпературными сверхпроводящими обмотками для ограничения токов короткого замыкания в электрических сетях / Р. Г. Галеев, В. И. Синицин, В. З. Манусов, Н. О. Поскачин // Электроэнергетика глазами молодежи – 2023 : Материалы XIII Международной научно-технической конференции: в 2 томах, Красноярск, 23–27 октября 2023 года. Том 2. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2023. – С. 136-139. – EDN OUKJRV.

## REFERENCES

1. Malcolm S. R. Experimental measurements of the skin effect and internal inductance at low frequencies // Article in Acta Technica CSAV (Ceskoslovensk Akademie Ved). – 2015/– vol.60.– pp.51–69.
2. Pein A. Skin effect, proximity effect and the resistance of circular and rectangular conductors. 2022. 41 p.
3. Corcoran J. Nagy P. B. Compensation of the Skin Effect in Low-Frequency Potential Drop Measurements // Journal of Non-destructive Evaluation. – 2016.– vol. 35.– no. 4.– doi: 10.1007/s10921-016-0374-4.
4. Ibrahim M., Pillay P. Core loss prediction in electrical machine laminations considering skin effect and minor hysteresis loops// IEEE Transactions on Industry Applications. – 2013– vol. 49– no. 5.– p.p. 2061-2068.– doi: 10.1109/TIA.2013.2260852.
5. Manusov V.Z., Galeev R.G. A high-temperature superconducting transformer operating at an increased frequency of alternating current // Problems of regional energy. – 2023.– № 4 (60).– Pp. 43-54. doi: 10.52254/1857-0070.2023.4-60.04
6. Development of power transformers with high-temperature superconducting windings to limit short-circuit currents in electric networks / R. G. Galeev, V. I. Sinitin, V. Z. Manusov, N. O. Poskachin // Electric power industry through the eyes of youth - 2023 : Proceedings of the XIII International Scientific and Technical Conference: in 2 volumes, Krasnoyarsk, October 23-27, 2023. Volume 2. – Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2023. – pp. 136-139. – EDN OUKJRV.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Сверхпроводимость, высокая частота, скин-эффект, плотность тока.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Галеев Ратмир Гаязович, ассистент кафедры Теоретических основ электротехники ФГБОУ ВО «НГТУ»

Реутов Сергей Николаевич, учебный мастер кафедры Электрооборудования и автоматизации ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

630073, г.Новосибирск, проспект Карла Маркса 20, ФГБОУ ВО «НГТУ»  
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

# АНАЛИЗ И СИНТЕЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Л.В. Пахомова, А.А. Бутузов, М.А. Ширяев, Д.З. Исмаилова, Л.С. Жукова

## ANALYSIS AND SYNTHESIS OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS OF SHIP ELECTRICAL EQUIPMENT ELECTRICAL INSTALLATIONS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

L.V. Pahomova (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

A.A. Butuzov (Postgraduate student of SSUWT)

M.A. Shiryaev (Master's student of SSUWT)

D.Z. Ismailova (Student of SSUWT)

L.E. Zhukova (Student of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article considers and evaluates the types of automatic control systems for electrical equipment of electrical installations: proportional-integral-differential system, adaptive system, model-predictive system, feedback system and predictive control system. Their advantages, disadvantages and scope of application are determined. The advantages and disadvantages of the systems are grouped and listed in a table to simplify their analysis. The article discusses the methods of synthesis of automatic control systems, the most common: the root synthesis method, the method of root hodographs, the method of standard transient characteristics, the method of logarithmic amplitude characteristics (LAX). Promising directions of development and synthesis of automatic control systems are considered.

**Keywords:** Analysis of automatic control systems, synthesis of automatic control systems, methods of system synthesis, proportional-integral-differential system, adaptive system, model-predictive system, feedback system, predictive control system.

В статье рассмотрены и оценены виды систем автоматического регулирования электрооборудования электроустановок: пропорционально-интегрально-дифференциальная система, адаптивная система, модельно-предсказательная система, система с обратной связью и система с прогнозирующим управлением. Определены их преимущества, недостатки и область применения. Преимущества и недостатки систем объединены в группы и занесены в таблицу для упрощения их анализа. В статье рассмотрены методы синтеза систем автоматического регулирования, наиболее распространенные: корневой метод синтеза, метод корневых годографов, метод стандартных переходных характеристик, метод логарифмических амплитудных характеристик (ЛАХ). Рассмотрены перспективные направления развития и синтеза систем автоматического регулирования.

В современном мире электрооборудование играет важную роль в обеспечении надежности и безопасности работы судовых электроустановок. Однако с увеличением сложности и автоматизации электрооборудования возникает необходимость в разработке эффективных систем авторегулирования, способных обеспечить стабильную работу и защиту от возможных аварийных ситуаций.

Целью данной статьи является рассмотрение основных принципов анализа и синтеза систем авторегулирования электрооборудования электроустановок. В рамках статьи будут рассмотрены основные понятия и определения, необходимые для понимания процесса анализа и синтеза, а также представлены методы и подходы, применяемые при разработке систем авторегулирования.

Система автоматического регулирования определяется как комплекс технических средств и устройств, предназначенных для автоматического поддержания заданных параметров в различных процессах и системах. Она включает в себя различные компоненты, такие как датчики, исполнительные механизмы, контроллеры и другие устройства [3].

Основные термины и определения. Система автоматического контроля (рисунок 1) – система, предназначенная для контроля за ходом какого-либо процесса. Такая система включает в себя датчик А, усилитель В, который принимает сигнал от датчика и передает его после усиления на специальный элемент Q, который представляет контролируемую величину в форме, удобной для наблюдения и регистрации. Независимо от количества элементов системы автоматического контроля являются разомкнутыми и сигнал в них проходит только в одном направлении – от объекта контроля С к исполнительному элементу Q.



Рисунок 1 – Система автоматического контроля

Система автоматического управления – система, предназначенная для частичного или полного управления технологическим процессом или объектом (без участия человека).

Система автоматического регулирования включает в себя функции автоматического контроля и управления. Обязательной частью такой системы является регулятор.

Системы автоматического регулирования делятся на 2 вида.

1. Система автостабилизации, поддерживающая постоянную регулируемую величину.
2. Система программного регулирования, способная изменять во времени регулируемую величину по определенным законам, обеспечивая ее стабильность на отдельных участках.

Анализ системы авторегулирования заключается в изучении и оценке ее текущего состояния и эффективности работы. В ходе анализа проводится оценка различных аспектов системы, таких как точность регулирования, скорость реакции, устойчивость, управляемость, энергопотребление и надежность. Целью анализа является выявление проблем и недостатков.

Синтез системы авторегулирования представляет собой процесс создания или проектирования новой системы на основе заданных требований и спецификаций. В ходе синтеза определяются структура и параметры системы, выбираются компоненты и алгоритмы регулирования, а также проводится оптимизация системы с целью достижения заданных характеристик и требований.

Анализ систем автоматического регулирования.

Виды систем автоматического регулирования.

1. Пропорционально-интегрально-дифференциальная (ПИД) система: это самый распространенный тип системы автоматического регулирования. Она использует комбинацию трех компонентов - пропорционального, интегрального и дифференциального управления. Пропорциональная составляющая вырабатывает выходной сигнал, который приводит к противодействию текущему отклонению входной величины, подлежащей регулированию, от установленного значения. Чем больше отклонение – тем больше и сигнал. Поскольку регулятор со временем учитывает статическую погрешность, для устранения статистической ошибки используется интегрирующая составляющая. Однако она также может приводить к автоколебаниям при неправильном выборе её коэффициента, и для противодействия этому используется дифференциальная составляющая [1].

Преимущества:

- точность: ПИД-регулятор обеспечивает точное и стабильное регулирование параметров системы. Он учитывает, как текущее состояние системы, так и ее предыдущую историю, что позволяет достичь требуемой точности;
- универсальность: ПИД-регулятор может быть использован в широком спектре приложений и для различных типов объектов регулирования. Он может быть настроен для достижения оптимальной производительности в разных условиях;
- простота настройки: ПИД-система имеет относительно простую структуру и параметры, которые могут быть настроены с помощью стандартных методов настройки. Это делает ее доступной и удобной в использовании.

Недостатки:

- чувствительность к параметрам: ПИД-регулятор может быть чувствителен к изменениям параметров системы и может требовать перенастройки при изменении условий эксплуатации;
- ограниченная адаптивность: ПИД-система не может автоматически адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям. Она требует ручной настройки и оптимизации для достижения наилучшей производительности;
- ограниченная предсказуемость: ПИД-регулятор не может предсказать будущие изменения и требования системы. Он реагирует только на текущее состояние и историю системы.

2. Адаптивная система: эта система способна изменять свои параметры и алгоритмы в зависимости от изменяющихся условий и требований. В процессе работы адаптивная система

авторегулирования непрерывно мониторит состояние электрооборудования и сравнивает его с заданными целями и требованиями. Если система обнаруживает несоответствие между текущим состоянием и желаемыми результатами, она автоматически корректирует свои параметры и настройки для достижения оптимальной работы.

Преимущества:

- автоматическая адаптация. Система способна самостоятельно настраивать свои параметры для достижения оптимальной производительности;
- высокая эффективность. Система способна быстро реагировать на изменения и оптимизировать свою работу.

Недостатки:

- сложность настройки. Адаптивная система имеет сложную структуру и параметры, которые требуют специальных знаний и опыта для настройки и оптимизации;
- высокие требования к вычислительной мощности. Адаптивная система может требовать большой вычислительной мощности для обработки и анализа большого объема данных. Это может быть проблемой при использовании в сложном электрооборудовании;
- ограниченная предсказуемость. Адаптивная система не может предсказать будущие изменения и требования электрооборудования. Она реагирует только на текущее состояние и историю системы.

3. Модельно-предсказательная система: данная система использует математическую модель объекта регулирования для предсказания его будущего поведения [5]. Принцип работы состоит из шести пунктов.

1. Создание математической модели объекта управления, которая описывает его поведение и зависимости между входными и выходными параметрами.
2. Сбор данных о текущем состоянии объекта управления и его окружающей среды.
3. Использование математической модели для предсказания будущего состояния объекта управления на основе текущих данных.
4. Сравнение предсказанного состояния с желаемым состоянием объекта управления.
5. Если обнаруживается несоответствие между предсказанным и желаемым состоянием, система автоматически корректирует параметры и настройки объекта управления для достижения желаемого состояния.
6. Продолжение мониторинга и предсказания состояния объекта управления, а также корректировка параметров и настроек при необходимости.

Преимущества:

- высокая предсказуемость. Модельно-предсказательная система способна предсказывать будущие изменения и требования электрооборудования на основе анализа исторических данных. Это позволяет ей принимать более точные и своевременные решения;
- оптимальное регулирование. Модельно-предсказательная система может оптимизировать работу электрооборудования, учитывая его текущее состояние и прогнозируемые изменения;
- гибкость и настраиваемость. Модельно-предсказательная система может быть настроена для работы с различными типами электрооборудования и учитывать их особенности.

Недостатки:

- требования к данным. Модельно-предсказательная система требует наличия достаточного объема и качества данных для построения точной модели и предсказания;
- сложность разработки и обслуживания;
- ограничения точности предсказания. Модельно-предсказательная система может иметь ограничения в точности своих прогнозов, особенно при изменении условий или внешних факторов, которые не были учтены при построении модели.

4. Система с обратной связью: эта система использует информацию о текущем состоянии системы для корректировки управляющего сигнала. Работает по алгоритму.

1. Измерение текущего состояния объекта управления (например, температуры, давления, скорости и т. д.) с помощью датчиков.
2. Сравнение измеренного значения с желаемым значением, которое задается заранее.
3. Вычисление ошибки регулирования как разность между желаемым и измеренным значениями.
4. Использование контроллера для анализа ошибки регулирования и выдачи

управляющего сигнала для изменения параметров объекта управления.

5. Изменение параметров объекта управления (например, уровня мощности, скорости вращения и т. д.) с целью уменьшения ошибки регулирования.

6. Повторение процесса измерения, сравнения и регулирования для поддержания объекта управления в желаемом состоянии.

Преимущества:

- позволяет поддерживать объект управления в желаемом состоянии, даже при изменяющихся условиях и требованиях;
- обеспечивает стабильную работу электрооборудования и предотвращает возможные аварийные ситуации;
- улучшает эффективность работы электрооборудования, так как позволяет оптимизировать его параметры и настройки;
- позволяет автоматически корректировать параметры объекта управления для достижения желаемого состояния, что экономит время и ресурсы оператора.

Недостатки:

- требуется наличие точной математической модели объекта управления, что может быть сложно в некоторых случаях;
- не всегда возможно достичь желаемого состояния из-за ограничений объекта управления или внешних факторов;
- возможны ошибки измерения или неправильная интерпретация данных, что может привести к неправильным регулировкам объекта управления.

5. Система с прогнозирующим управлением: данная система использует информацию о будущих изменениях в системе для предварительного регулирования управляющего сигнала. Работает по алгоритму.

1. Измерение текущего состояния объекта управления с помощью датчиков.
2. Анализ и обработка полученных данных для прогнозирования будущего состояния объекта управления.
3. Сравнение прогнозируемого значения с желаемым значением.
4. Вычисление ошибки регулирования как разности между желаемым и прогнозируемым значениями.
5. Использование контроллера для анализа ошибки регулирования и выдачи управляющего сигнала для изменения параметров объекта управления.

6. Изменение параметров объекта управления с целью уменьшения ошибки регулирования.

Преимущества:

- позволяет предсказывать будущее состояние объекта управления и принимать решения заранее, что повышает эффективность регулирования;
- улучшает точность и стабильность работы электрооборудования, так как учитывает изменения условий и требований;
- позволяет оптимизировать параметры и настройки объекта управления, что ведет к повышению его эффективности;
- может автоматически корректировать параметры объекта управления для достижения желаемого состояния, что экономит время и ресурсы оператора.

Недостатки:

- требуется сложная математическая модель для прогнозирования будущего состояния объекта управления;
- не всегда возможно точно предсказать будущее состояние из-за неучтенных факторов или ограничений объекта управления;
- возможны ошибки прогнозирования или неправильная интерпретация данных, что может привести к неправильным регулировкам объекта управления.

Для упрощения анализа сведем все преимущества и недостатки в сводную таблицу 1.

Пропорционально-интегрально-дифференциальная (ПИД) система может использоваться (и используется) в судовых электроустановках и средствах автоматизации, но следует учитывать, что модель управления должна быть постоянной без изменений ее величин, которые могут привести к существенным погрешностям при расчетах системы [2], [8].

Адаптивные системы активно используются в судовом электрооборудовании. Адаптация

системы под изменяющиеся параметры среды позволяет значительно улучшить технико-экономические характеристики судов.

Модельно-предсказательная система. Сложна в эксплуатации и разработке. Требует учета множества факторов, некоторые из которых легко не заметить, что ведет к ложным предсказаниям.

Система с обратной связью довольно распространена. Считывает показания датчиков управляемой среды и поддерживает ее параметры на заданных уровнях.

Система с прогнозирующим управлением используется, но значительно реже предыдущих систем. Использование системы позволяет судовым электроустановкам заранее «подготовиться» к возможным изменениям управляемой среды [4].

Таблица 1 – Сводная таблица преимуществ и недостатков различных систем (номер систем приведен в порядке упоминания в статье)

№	Основные преимущества применения системы	Возможность адаптации к изменениям условий среды	Возможность предсказания будущих изменений среды	Особые требования к эксплуатации	Сложность настройки и особенности работы
1	Обеспечивает точное и стабильное регулирование параметров	Не может автоматически адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям	Не может предсказать будущие изменения и требования системы	Может быть использован в широком спектре приложений и для различных типов объектов регулирования	Имеет относительно простую структуру и параметры, которые могут быть настроены с помощью стандартных методов настройки, но в то же время система может требовать перенастройки при изменении условий эксплуатации
2	Система способна быстро реагировать на изменения и оптимизировать свою работу.	Система способна самостоятельно настраивать свои параметры для достижения оптимальной производительности	Не может предсказать будущие изменения и требования электрооборудования	Может требовать большой вычислительной мощности для обработки и анализа большого объема данных	Имеет сложную структуру и параметры, которые требуют специальных знаний и опыта для настройки и оптимизации
3	Может быть настроена для работы с различными типами электрооборудования и учитывать их особенности	Может оптимизировать работу электрооборудования, учитывая его текущее состояние и прогнозируемые изменения	Способна предсказывать будущие изменения и требования электрооборудования на основе анализа исторических данных, но может иметь ограничения в точности своих прогнозов, особенно при изменении условий или внешних факторов, которые не были учтены при построении модели	Требует наличия достаточного объема и качества данных для построения точной модели и предсказания	Сложность разработки и обслуживания

№	Основные преимущества применения системы	Возможность адаптации к изменениям условий среды	Возможность предсказания будущих изменений среды	Особые требования к эксплуатации	Сложность настройки и особенности работы
4	Позволяет оптимизировать параметры и настройки электрооборудования. Автоматически корректирует параметры объекта управления для достижения желаемого состояния	Обеспечивает стабильную работу электрооборудования и предотвращает возможные аварийные ситуации	Не может предсказать будущие изменения и требования системы	Требуется наличие точной математической модели объекта управления, что может быть сложно осуществимо в некоторых случаях	Возможны ошибки измерения или неправильная интерпретация данных, что может привести к неправильным регулировкам объекта управления
5	Позволяет оптимизировать параметры и настройки объекта управления	Может автоматически корректировать параметры объекта управления для достижения желаемого состояния	Позволяет предсказывать будущее состояние объекта управления и принимать решения заранее, но всегда возможно точно предсказать будущее состояние из-за неучтенных факторов или ограничений объекта управления	Требуется сложная математическая модель для прогнозирования будущего состояния объекта управления	Возможны ошибки прогнозирования или неправильная интерпретация данных, что может привести к неправильным регулировкам объекта управления

Все перечисленные системы могут использоваться в судовых электроустановках. Каждая из них имеет как свои преимущества, так и недостатки. При выборе системы следует руководствоваться целью использования системы, сложностью эксплуатации, доступными финансовыми средствами и условиями управляемой среды.

Синтез систем автоматического регулирования. Синтез систем авторегулирования электрооборудования зависит от множества различных факторов [6], [7].

1. Характеристики и параметры электроустановки. Различные электроустановки имеют разные требования к авторегулированию, в зависимости от их мощности, емкости, потребления энергии и других характеристик. Синтез системы авторегулирования должен учитывать эти параметры и адаптироваться к ним.

2. Цели и требования к системе авторегулирования. Разные электроустановки могут иметь разные цели и требования к авторегулированию. Например, одна электроустановка может стремиться к повышению эффективности работы, а другая – к обеспечению безопасности.

3. Математическая модель электроустановки. Для синтеза системы авторегулирования необходимо разработать математическую модель электроустановки, которая будет использоваться для прогнозирования ее будущего состояния.

4. Алгоритм управления. Разработка алгоритма управления является важной частью синтеза системы авторегулирования. Алгоритм должен анализировать текущее состояние электроустановки и принимать решения для ее регулировки. Выбор и разработка подходящего алгоритма управления зависит от характеристик электроустановки и требований к авторегулированию.

Существует 4 основных метода синтеза авторегулирования.

1. Корневой метод синтеза является комплексным подходом, который объединяет различные методы и технологии для достижения оптимального управления электроустановкой. Он основан на нахождении корней характеристического уравнения системы, которые определяют ее динамические свойства.

Характеристическое уравнение системы является алгебраическим уравнением,

задающимися коэффициентами передаточной функции системы. Решение этого уравнения позволяет определить места расположения корней системы в комплексной плоскости.

Корни характеристического уравнения отражают динамические свойства системы, такие как устойчивость, скорость реакции, затухание и колебательность. Положение корней в комплексной плоскости определяет, как система будет себя вести при изменении входного сигнала или возникновении помех.

Корневой метод синтеза позволяет проводить анализ и проектирование системы, опираясь на знание о ее корнях. С его помощью можно определить оптимальное расположение корней, чтобы достичь нужных динамических свойств системы.

В общем случае корневой метод синтеза включает в себя определенные шаги.

1. Определение требуемых динамических свойств системы.
2. Выбор передаточной функции системы, которая удовлетворяет требуемым свойствам.
3. Решение характеристического уравнения для определения корней системы.
4. Анализ и интерпретация корней, чтобы понять динамические свойства системы.
5. Итеративное решение задачи проектирования и оптимизации, чтобы достичь требуемых свойств системы.

2. Метод корневых годографов – это графический метод синтеза, основанный на представлении корней характеристического уравнения в комплексной плоскости с помощью графика, называемого годографом.

Годограф представляет собой кривую, по которой движутся корни характеристического уравнения при изменении параметров системы. График может быть построен путем изменения определенного параметра системы, такого как коэффициент усиления, и определения соответствующих корней.

Метод корневых годографов позволяет визуализировать и анализировать динамические свойства системы в зависимости от изменения параметров. Он также позволяет оптимизировать параметры системы для достижения требуемых характеристик.

Шаги, связанные с использованием метода корневых годографов.

1. Задание характеристического уравнения системы на комплексной плоскости.
2. Построение годографа, перемещаясь по комплексной плоскости и определяя корни уравнения при различных значениях параметров.
3. Анализ полученного годографа для определения динамических свойств системы, таких как устойчивость, затухание, колебательность.
4. Оптимизация параметров системы на основе анализа годографа для достижения требуемых характеристик.

3. Метод стандартных переходных характеристик – это один из подходов, используемых при синтезе систем автоматического регулирования, основанный на определении и задании желаемой формы переходного процесса и настройке параметров системы для достижения этой формы.

Переходный процесс – это процесс изменения выходной величины системы относительно времени после изменения входного сигнала. Переходные характеристики определяют, как система реагирует на изменение входного сигнала и включают такие показатели, как время перехода, перерегулирование, время задержки и время установления.

Метод стандартных переходных характеристик предполагает задание желаемой формы переходного процесса и определение требуемых значений соответствующих показателей. Затем производится настройка параметров системы с использованием математических методов и алгоритмов для достижения требуемых показателей.

Некоторые из стандартных переходных характеристик.

1. Время перехода (реакции) – время, за которое система достигает заданного процентного отклика от установившегося значения.
2. Перерегулирование – отклонение выходной величины системы от установившегося значения после превышения этого значения.
3. Время задержки – время, требуемое для достижения первого максимума выходной величины после изменения входного сигнала.
4. Время установления – время, за которое система достигает значения, близкого к установившемуся значению.

4. Метод логарифмических амплитудных характеристик (ЛАХ) – это графический метод синтеза систем автоматического регулирования, основанный на анализе частотной характеристики системы в логарифмическом масштабе.

Логарифмические амплитудные характеристики представляют собой график, который показывает зависимость амплитуды передаточной функции системы от частоты в логарифмическом масштабе. Обычно ЛАХ строится с использованием децибелов (dB) для измерения амплитуды.

Применение метода ЛАХ включает определенные шаги.

1. Построение частотной характеристики системы, которая описывает отношение между входным и выходным сигналами системы в зависимости от частоты.

2. Применение логарифмической шкалы к амплитуде передаточной функции системы для получения ЛАХ.

3. Анализ ЛАХ для определения динамических свойств системы, таких как устойчивость, фазовый запас, резонансные пики и полосы пропускания.

4. Настройка параметров системы на основе анализа ЛАХ для достижения желаемых характеристик.

Помимо перечисленных методов существуют и менее распространенные другие, включая вновь разрабатываемые. Современные методы синтеза могут работать с системами, подверженными хаотичному распределению (теория хаоса) [9]. В настоящее время активно разрабатываются системы с использованием нейросетей, позволяющей одновременно контролировать большое число факторов, определять новые факторы и автоматически оптимизировать управляемую среду [10].

Применяемый метод зависит от сложности управляемой среды, требуемой точности управления и сложности разработки системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов А.М., Кузнецов В.Н. Системы автоматического регулирования электрооборудования электроустановок: Учебное пособие. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018.
2. Гольцман Г.И., Зайцев А.М., Косарев В.С. и др. Автоматическое регулирование электротехнических систем: Учебник для вузов. М.: Издательство "Академия", 2016.
3. Дубинин А.А., Дубинина Л.А. Автоматика и управление электротехническими системами: Учебное пособие. М.: Издательство «Лань», 2019.
4. Лазарев В.С., Попов А.А., Стрельников Г.В. и др. Автоматизация электротехнических систем: Учебник для вузов. М.: Издательство «Академия», 2017.
5. Лысенко В.В., Родин А.В., Степанов С.В. и др. Автоматическое регулирование электрооборудования электроустановок: Учебное пособие. М.: Издательство «Лань», 2020.
6. Федоров В.Г., Шабанов А.Н., Чижикова Е.В. и др. Автоматика и управление электротехническими системами: Учебное пособие. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019.
7. Шевченко В.Ф., Баранов В.Г., Захаров В.А. и др. Автоматизация электроэнергетических установок: Учебное пособие. М.: Издательство «Энергоатомиздат», 2018.
8. Гриняк В.М., Пашин С.С. Управление движением судна по программной траектории при параметрической неопределенности с использованием ПИД регулятора // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2019. Т. 11, № 2. С. 102–112.
9. M. Di Bernardo, D.P. Stoten Minimal control synthesis adaptive control of nonlinear systems: utilizing the properties of chaos // Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2006. Vol. 364. pp. 2397-2415.
10. Ke Zong Marine Resource exploration streamer control model based on artificial neural network // Coastal Education and Research Foundation, Inc. 2020. No. 103. pp. 855-859.

## REFERENCES

1. Belousov A.M., Kuznetsov V.N. Systems of automatic regulation of electrical equipment of electrical installations: Textbook. Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2018.
2. Goltzman G.I., Zaitsev A.M., Kosarev V.S., etc. Automatic regulation of electrical systems: Textbook for universities. Moscow: Publishing House "Academy", 2016.
3. Dubinin A.A., Dubinina L.A. Automation and control of electrical systems: A textbook. Moscow: Lan Publishing House, 2019.
4. Lazarev V.S., Popov A.A., Strelnikov G.V. and others. Automation of electrical systems: Textbook for universities. Moscow: Publishing House "Academy", 2017.
5. Lysenko V.V., Rodin A.V., Stepanov S.V., etc. Automatic regulation of electrical equipment of electrical installations: Textbook. M.: Publishing house "Lan", 2020.
6. Fedorov V.G., Shabanov A.N., Chizhikova E.V. and others. Automation and control of electrical systems: Textbook. Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2019.
7. Shevchenko V.F., Baranov V.G., Zakharov V.A. and others. Automation of electric power plants: A textbook. Moscow: Energoatomizdat Publishing House, 2018.
8. Grinyak V.M., Pashin S.S. Control of the ship's movement along a program trajectory with parametric uncertainty using a PID controller // The territory of new opportunities. Bulletin of the Vladivostok State University of Economics and Service. 2019. Vol. 11, No. 2. pp. 102-112.
9. M. Di Bernardo, D.P. Stoten Minimal control synthesis adaptive control of nonlinear systems: utilizing the properties of chaos // Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2006. Vol. 364. pp. 2397-2415.
10. Ke Zong Marine Resource exploration streamer control model based on artificial neural network // Coastal Education and Research Foundation, Inc. 2020. No. 103. pp. 855-859.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Анализ систем автоматического регулирования, синтез систем автоматического регулирования, методы синтеза систем, пропорционально-интегрально-дифференциальная система, адаптивная система, модельно-предсказательная система, система с обратной связью, система с прогнозирующим управлением.*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Пахомова Людмила Владимировна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Бутузов Артем Андреевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

Ширяев Максим Анатольевич, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Исмаилова Диана Зафаровна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Жукова Лидия Евгеньевна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

---

## **АНАЛИЗ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА С АМОРФНЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Р.Г. Галеев, В.И. Синицин**

### **ANALYSIS OF A POWER TRANSFORMER WITH AN AMORPHOUS MAGNETIC CIRCUIT AT AN INCREASED FREQUENCY OF ALTERNATING CURRENT**

Novosibirsk State Technical University (NSTU), Karl Marx Avenue 20, Novosibirsk, 630073, Russia

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**R.G. Galeev** (Assistant of the Department of Theoretical Foundations of Electrical Engineering of NSTU)

**V.I. Sinitsin** (Assistant of the Department of Technosphere Safety of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** In mobile power supply systems, the issue of energy efficiency and the weight and dimensions of transformer electrical equipment arises. As you know, increasing the frequency of the electric network has a negative effect on the energy efficiency of electric machines. The purpose of the study is to substantiate and apply a core material with higher magnetic permeability, which include amorphous alloys.

---

**Keywords:** Transformer, amorphous core, losses in the magnetic circuit, increased frequency.

В мобильных системах электроснабжения возникает вопрос энергоэффективности и массогабаритных размеров трансформаторного электрооборудования. Как известно повышение частоты электрической сети отрицательно отражается на энергоэффективности электрических машин. Цель исследования заключается в обосновании и применении материала сердечника с более высокими показателями магнитной проницаемости, к которым относятся аморфные сплавы.

Силовые трансформаторы имеют весьма низкую удельную мощность на единицу массы, что составляет приблизительно 180 Вт/кг. Одним из методов повышения удельной мощности является увеличения номинальной частоты питания силового трансформатора. Но это накладывает дополнительные проблемы на энергоэффективность активных элементов трансформатора и магнитопровода, в частности. Цель работы заключается обосновании применения аморфного сердечника для силового трансформатора, работающего на повышенной частоте электрического тока.

Исследование силового трансформатора на повышенных частотах. В целях исследования произведен анализ характеристик магнитопровода трансформатора на различных частотах электрической сети из магнитомягкого быстрозакаленного аморфного сплава марки 1СР с типом магнитопровода 1В АМЕТ, с магнитными характеристиками ленты указаны на рисунке 1 [1, 2].

Лента марки 1СР имеет следующие легирующие элементы: В, Si, Р, С, Со, Ва. Полученная закалкой из жидкого состояния вследствие высокой скорости охлаждения (>1000 К/с) металл переходит в пассивное состояние, что приводит к высокой коррозионной стойкости в различных агрессивных средах. Данные свойства аморфных сплавов делают его отличным аналогом обычной электротехнической стали для создания силовых трансформаторов с высокими показателями энергоэффективности [3]. В таблице 1 приведены технические характеристики трансформатора.

Особый интерес исследования заключается в зависимости между частотой перемагничивания сердечника трансформатора с изменением размеров магнитопровода, потерь на петлю гистерезиса и вихревые токи [4].

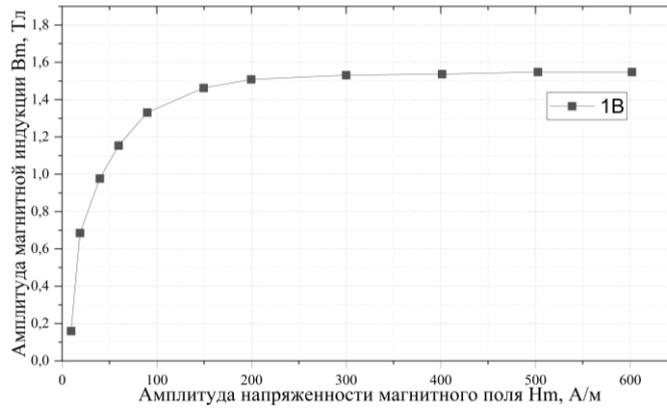


Рисунок 1 – Магнитная характеристика магнитопровода марки 1В АМЕТ

Таблица 1 – Исходные технические характеристики ВТСП трансформатора

Параметр	Величина	Единица измерения
Номинальная мощность	100	кВА
Число фаз	3	-
Индукция магнитопровода (core induction)	1,5	Тл
Частота электрического тока (Grid frequency)	50, 200, 400, 800	Гц

Потери на перемагничивании и вихревые токи посчитаны в соответствии с формулой Штейнмеца [5]:

$$P_h = n f B_c^2 G_{ct} \quad (1)$$

$$P_B = y f^2 B_c^2 G_{ct} \quad (2)$$

где  $B_c$  – магнитная индукция в магнитопроводе;  
 $f$  – частота перемагничивания магнитопровода;  
 $y$  и  $n$  – коэффициенты, характеризующие используемый ферромагнитный материал;  
 $G_{ct}$  – масса сердечника трансформатора

Полученные зависимости потерь в магнитопроводе с увеличением частоты приведены на рисунке 2.

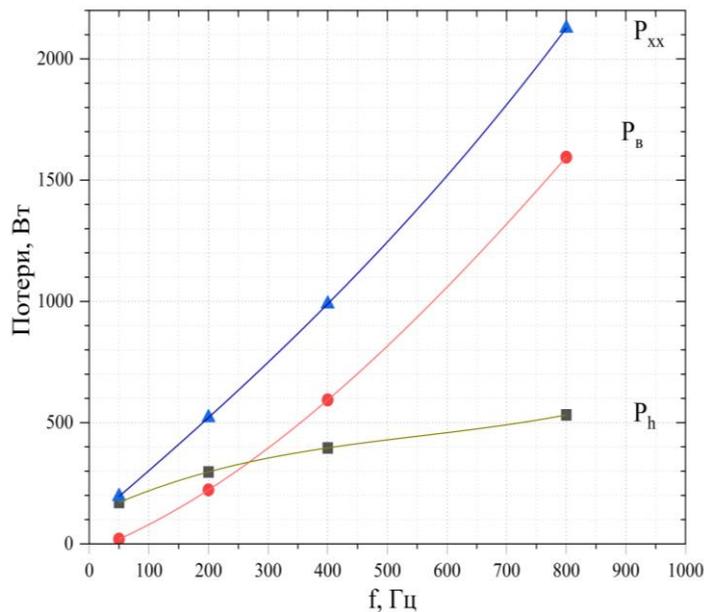


Рисунок 2 – Зависимости потерь на гистерезис и вихревые токи

Для снижения потерь в магнитопроводе, связанных с перемагничиванием сердечника, целесообразно использовать аморфные сплавы, в которых отсутствует строгая периодичность и дальний порядок в расположении атомов, присущая кристаллическому строению магнитомягких электротехнических сталей, которые не имеют меж доменных границ (рисунок 3). Благодаря высоким значениям магнитной проницаемости ( $\mu = 50000 - 70000$ ), прочности и твердости, низким значениям коэрцитивной силы ( $H_c \leq 8 \text{ А/м}$ ), аморфные сплавы предпочтительно использовать в высокочастотных трансформаторах.

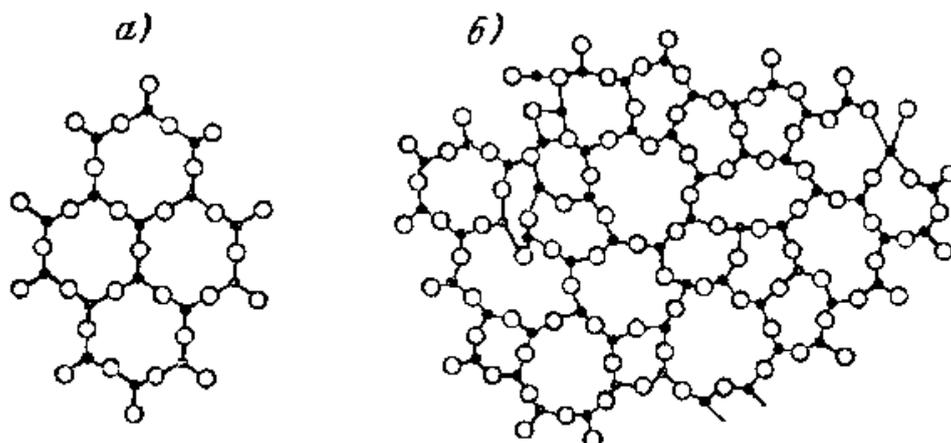


Рисунок 3 – Сравнение строения кристаллической структуры стали и аморфной структуры:  
а – кристаллическая решетка; б – аморфная структура

В современной электротехнической стали, применяемой в трансформаторе, при толщине пластин 0,17–0,5 мм и в зависимости от конструкции магнитопровода соотношение  $P_B / P_h$  может изменяться в пределах 0,2–7. При использовании аморфного железа отношение  $P_B / P_h$  находится в диапазоне от 0,17–2,9 при повышенных частотах сети 50–800 Гц. Связано это с высоким удельным сопротивлением в пределах 100–300 мкОм·см, что несколько больше сопротивления холоднокатаной стали, которая находится в диапазоне 40–80 мкОм·см.

Доказано применение аморфного железа в качестве сердечника высокочастотного трансформатора что позволяет существенно снизить потери и повысить значение индукции в магнитопроводе на повышенной частоте, что так же благотворно влияет на технико-экономические показатели электрооборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. PJSC "Ashinsky Metallurgical Plant" magnetic tape pipelines made of soft magnetic amorphous alloys and soft magnetic composite material (nanocrystalline alloy) technical specifications 14-123 -215-2009.
2. Azuma D., Ito N., Ohta M. Recent progress in Fe-based amorphous and nanocrystalline soft magnetic materials. Journal of magnetism and magnetic materials, 2020, vol. 501 <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2019.166373>
3. Манусов В.З., Галеев Р.Г. Высокотемпературный сверхпроводящий трансформатор работающий на повышенной частоте переменного тока // Проблемы региональной энергетики. 2023. № 4 (60). С. 43-54. doi: 10.52254/1857-0070.2023.4-60.04
4. Pavlenko T. P. Investigation of amorphous alloys in current transformers of semiconductor circuit breakers. NTI and production efficiency, 2013, no. 5(m), pp. 42-46.
5. Lenke R. U., Rohde S., Mura F., De Doncker R. W. Characterization of amorphous iron distribution transformer core for use in high-power medium-frequency applications. IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, 2009, Conference Location: San Jose, CA, USA doi: 10.1109/ECCE.2009.5316134.
6. Kurita N., Nishimizu A., Kobayashi C., Tanaka Y., Yamagishi A., Ogi M. Magnetic properties of simultaneously excited amorphous and silicon steel hybrid cores for higher efficiency distribution transformers. IEEE Transactions on Magnetics, 2018, vol. 54, no. 11, doi: 10.1109/TMAG.2018.2835498.

REFERENCES

1. PJSC "Ashinsky Metallurgical Plant" magnetic tape pipelines made of soft magnetic amorphous alloys and soft magnetic composite material (nanocrystalline alloy) technical specifications 14-123 -215-2009.
2. Azuma D., Ito N., Ohta M. Recent progress in Fe-based amorphous and nanocrystalline soft magnetic materials. Journal of magnetism and magnetic materials, 2020, vol. 501 <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2019.166373>
3. Manusov V.Z., Galeev R.G. A high-temperature superconducting transformer operating at an increased frequency of alternating current // Problems of regional energy. 2023. No. 4 (60). pp. 43-54. doi: 10.52254/1857-0070.2023.4-60.04
4. Pavlenko T. P. Investigation of amorphous alloys in current transformers of semiconductor circuit breakers. NTI and production efficiency, 2013, no. 5(m), pp. 42-46.
5. Lenke R. U., Rohde S., Mura F., De Doncker R. W. Characterization of amorphous iron distribution transformer core for use in high-power medium-frequency applications. IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, 2009, Conference Location: San Jose, CA, USA doi: 10.1109/ECCE.2009.5316134.
6. Kurita N., Nishimizu A., Kobayashi C., Tanaka Y., Yamagishi A., Ogi M. Magnetic properties of simultaneously excited amorphous and silicon steel hybrid cores for higher efficiency distribution transformers. IEEE Transactions on Magnetics, 2018, vol. 54, no. 11, doi: 10.1109/TMAG.2018.2835498.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Трансформатор, аморфный сердечник, потери в магнитопроводе, повышенная частота.  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Галеев Ратмир Гаязович, ассистент кафедры Теорий основ электротехники ФГБОУ ВО «НГТУ»  
Синицин Владислав Игоревич, ассистент кафедры Техносферной безопасности ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630073, г.Новосибирск, проспект Карла Маркса 20, ФГБОУ ВО «НГТУ»  
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

---

## КОНДУКТИВНЫЕ НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОМЕХИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПЕРЕТОКА МОЩНОСТИ В СЕТЯХ С ГЛУХОЗАЗЕМЛЁННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Т.В. Ананьина, Е.В. Иванова, М.Е. Переладов, Л.В. Садовская, В.Г. Сальников**

### CONDUCTIVE LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE WHEN CHANGING POWER FLOW IN NETWORKS WITH A SOLIDLY GROUNDED NEUTRAL

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**T.V. Ananina** (Assistant of the Department «Electrical power systems and electrical engineering» of SSUWT)

**E.V. Ivanova** (Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Electrical power systems and electrical engineering» of SSUWT)

**M.E. Pereladov** (Senior lecturer of the Department «Electrical power systems and electrical engineering» of SSUWT)

**L.V. Sadovskaya** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department «Electrical power systems and electrical engineering» of SSUWT)

**V.G. Salnikov** (Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Electrical power systems and electrical engineering» of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** After computer modeling of the parameters of the Chesnokovskaya substation, voltage dips were obtained at the substation under study after a three-phase short circuit at the Opornaya substation. The importance of suppressing conducted low-frequency electromagnetic interference and the need to maintain electromagnetic compatibility in a substation and how to maintain it are described. A design diagram of the grounding device has been completed.

---

**Keywords:** Conducted low-frequency electromagnetic interference, load node stability, power balance, emergency modes, grounding device.

После проведённого компьютерного моделирования параметров подстанции «Чесноковская», были получены провалы напряжения на исследуемой подстанции после трёхфазного короткого замыкания на подстанции Опорная. Описана важность подавления кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех и необходимость поддержания электромагнитной совместимости на подстанции и способы её поддержания. Выполнена расчётная схема заземляющего устройства.

В статье «Устойчивость узла нагрузки при изменении перетока мощности в районной подстанции» была затронута проблема изменения объём потребления электрической энергии по объединённой энергетической системе (ОЭС) Сибири [1]. В связи с данной динамикой была озвучена проблема изменения устойчивости узла подстанции (ПС) Чесноковская.

При моделировании в среде MatLab Simulink, получены осциллограммы коротких замыканий (КЗ), в том числе самого тяжёлого режима – трёхфазное КЗ (рисунок 1).

Трёхфазное короткое замыкание относится к симметричным КЗ – короткое замыкание между тремя фазами в трёхфазной электроэнергетической системе. При расчёте токов трёхфазного КЗ для определения апериодической составляющей схема замещения с активными сопротивлениями по конфигурации соответствует схеме замещения из индуктивных сопротивлений, поэтому алгоритм преобразования сопротивлений относительно точки КЗ для обеих схем одинаков.

ПС 220 кВ Чесноковская расположена в Алтайском крае и находится в ремонтно-эксплуатационном обслуживании филиала ОАО «ФСК ЕЭС» – Западно-Сибирского ПМЭС. В эксплуатации подстанция находится с 1963г.

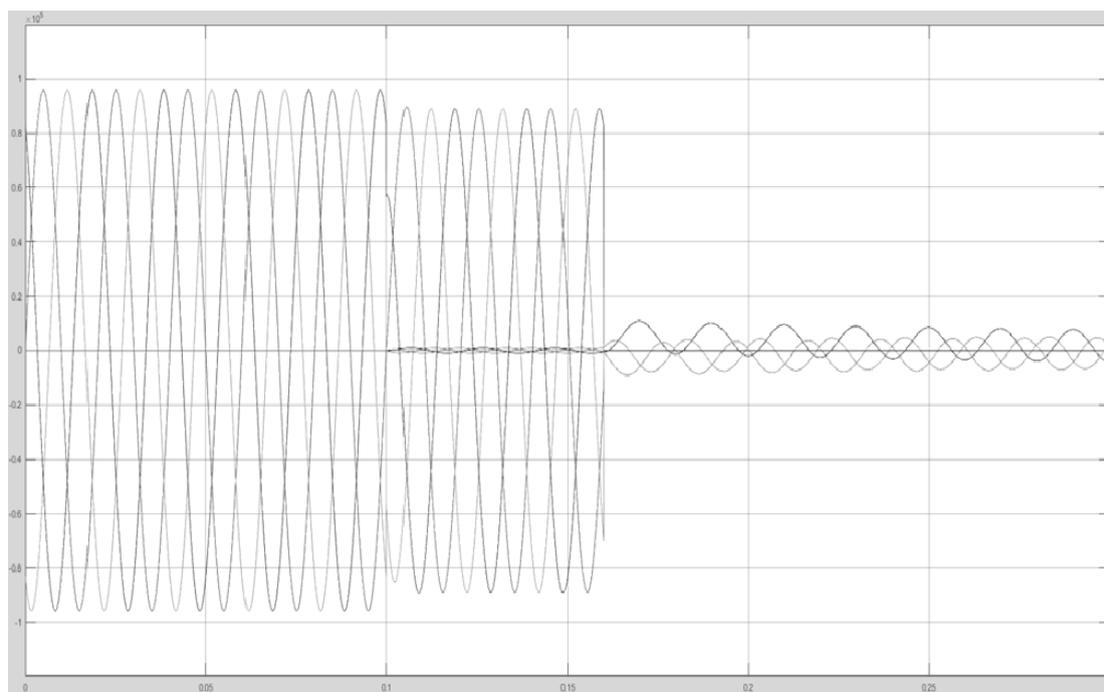


Рисунок 1 – Трёхфазное короткое замыкание

От ПС Чесноковская на напряжении 110 кВ осуществляется электроснабжение городских и сельских потребителей края, а также транзита 110 кВ. На напряжении 220 кВ осуществляется питание ПС Чесноковская от ПС Барнаульская по одной цепи протяженностью 30 км (с проводом АПС-400), ПС Смазнево и ТЭЦ АКХЗ по одноцепным ВЛ, протяженностью 100 км и 81 км, а также передача мощности в район ПС 220 кВ Власиха и ПС Бийская по двум одноцепным ВЛ (33,5 км и 130 км).

ОРУ 220 кВ и 110 кВ ПС Чесноковская выполнены по схеме «две рабочие системы шин» без обходной, ОРУ 35 кВ - по схеме «одна рабочая, секционированная выключателем, система шин». Для возможности технологического присоединения предусматриваются две резервные ячейки на ОРУ 110 кВ.

Распределение мощности на напряжении 220 кВ осуществляется через два автотрансформатора (АТ) 220/110 кВ мощностью 2х200 МВА и через пять отходящих линий к подстанциям 220 кВ. Распределение мощности на напряжении 110 кВ осуществляется через восемь отходящих линий к подстанциям 110 кВ. Схема замещения сети 110 кВ в районе подстанции Чесноковская представлена на рисунке 2. Предполагается, что на подстанции Опорная произошло трёхфазное КЗ.

В результате КЗ возникают кондуктивные низкочастотные электромагнитные помехи (ЭМП), которые необходимо подавлять. Необходимо обеспечить электромагнитную совместимость (ЭМС) микропроцессорной (МП) аппаратуры, размещённой на подстанциях. Необходимость защиты системы видеонаблюдения, пожарной и охранной сигнализации говорит о необходимости обеспечения безопасности сотрудников по объекте.

При протекании аварийных процессов (например, КЗ) в сетях классов напряжения выше 1 кВ по проводникам заземляющего устройства (ЗУ) и естественным заземлителям протекают токи промышленной частоты с амплитудой до нескольких десятков кА, длительность, которых обусловлена временем срабатывания защиты. При этом между различными точками ЗУ возникают разности потенциалов, величина которых зависит от сопротивления элементов ЗУ и качества электрической связи между ними. Если между точками ЗУ, имеющими разный потенциал, проходит трасса кабелей управления, измерения или сигнализации, то указанная разность потенциалов может быть приложена к изоляции кабелей и / или к входам аппаратуры, на которую заходят эти кабели.

Также при протекании токов КЗ по проводам, и по заземлителям, в пространстве вблизи них возникает магнитное поле промышленной частоты (МППЧ), напряженность которого зависит от конфигурации проводников, расстояния до них и от величины токов КЗ.

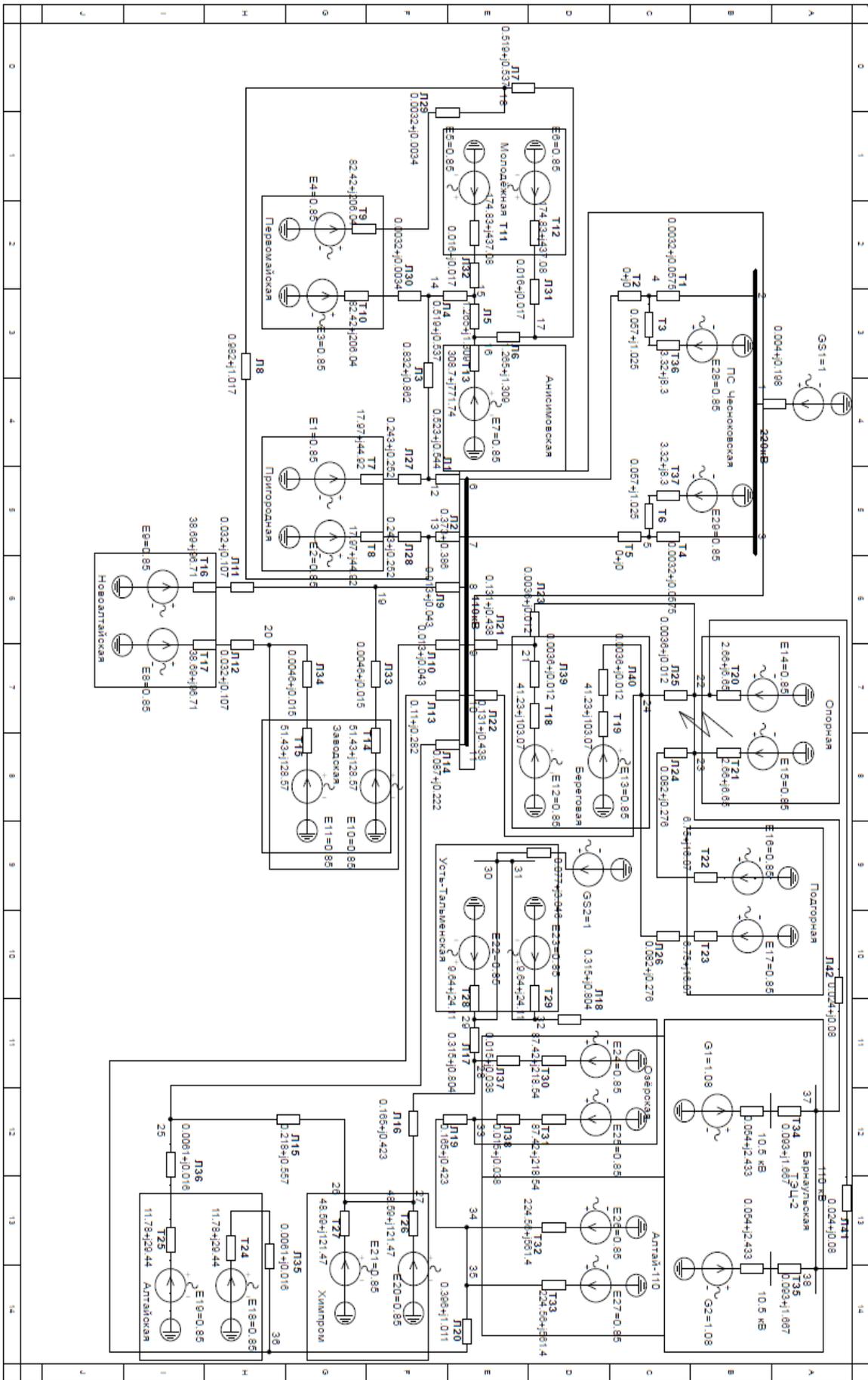


Рисунок 2 – Схема замещения сети 110 кВ в районе подстанции Чесноковская

Ток КЗ имеет, кроме составляющей промышленной частоты, высокочастотную (ВЧ) составляющую. Процессы, связанные с протеканием ВЧ составляющей тока КЗ по проводникам заземления, отличаются от процессов, связанных с протеканием составляющей промышленной частоты. Это объясняется различием параметров ЗУ на высоких и на низких частотах. ВЧ составляющая также возникает и при коммутационных операциях. Её воздействие влияет на измерительное оборудование, например трансформаторы тока и напряжения.

На подстанции установлены трёхобмоточные автотрансформаторы АТДЦТН-220/110-У1.

Таблица 1 – Характеристики автотрансформатора АТДЦТН-220/110-У1

Тип трансформатора	$S_{ном},$ МВА	$U_{ВН}$	$U_{СН}$	$U_{НН}$	РПН	$R_{ВН}$ $R_{СН}$ $R_{НН}$	$X_{ВН}$ $X_{СН}$ $X_{НН}$	$\Delta P_{xx},$ кВт	$\Delta Q_{xx},$ кВар	$I_{xx},$ %
АТДЦТН-220/110-У1	200	230	121	38,5	$\pm 6 \times 12$ %	0.3 0.3 0.6	30.4 0 54.2	125	1000	0.5

Режим работы нейтрали обмоток высокого напряжения (ВН) и среднего напряжения (СН) – глухое заземление. Регулирование напряжения под нагрузкой выполняется в линии СН:  $\pm 12\%$  ( $\pm 6$  ступеней).

В результате свёртывания схемы замещения для определения начального значения периодической составляющей тока короткого замыкания и ударного тока строится схема замещения к трёхлучевому типу (рисунок 3), двухлучевому (рисунок 4) и к эквивалентной схеме замещения (рисунок 5).

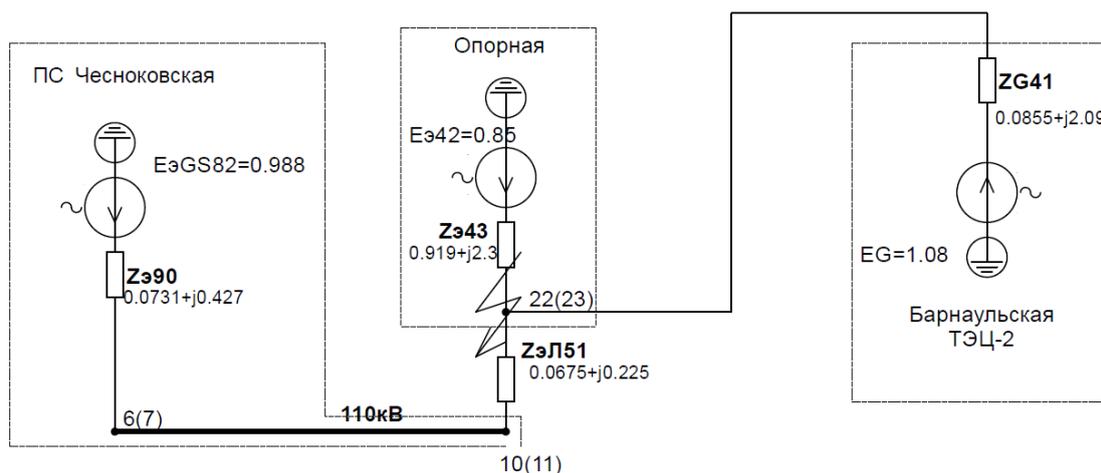


Рисунок 3 – Трёхлучевая схема замещения

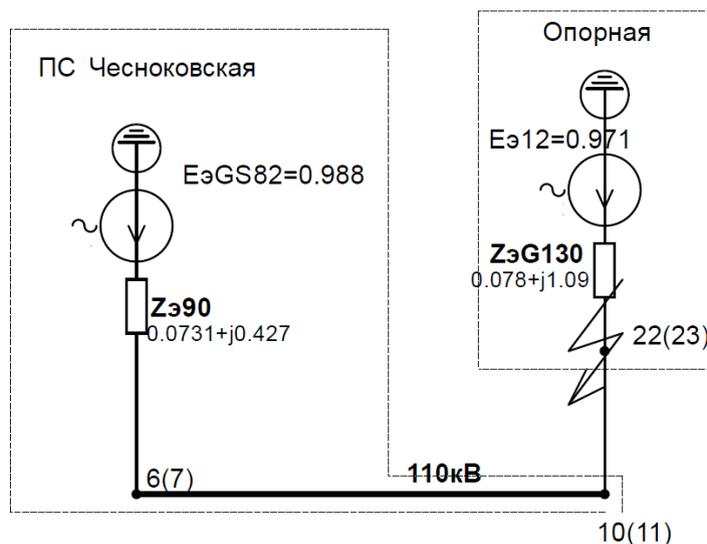


Рисунок 4 – Двухлучевая схема замещения

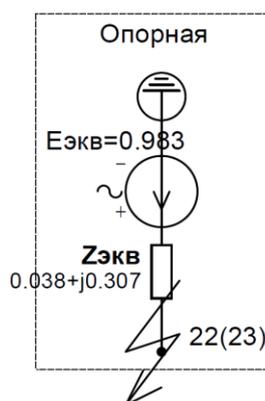


Рисунок 5 – Эквивалентная схема замещения

Для расчет периодической составляющей тока короткого замыкания в момент времени  $t=0$  и через  $(0,2)$  с от начала короткого замыкания необходимо найти начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания можно определить из эквивалентной схемы замещения (смотри рисунок 5):

$$I_{п0}^{(3)} = \frac{E_{экв} - U_{к}^{(3)}}{X_{экв}} = 3,2, \quad (1)$$

где  $E_{экв}$  – эквивалентное ЭДС расчётной схемы, о.е.;  
 $U_{к}$  – критическое напряжение (принимаяем 0), о.е.;  
 $X_{экв}$  – эквивалентное индуктивное сопротивление расчётной схемы, о.е.

Ток в именованных единицах, кА:

$$I_{п0}^{(3)} = I_{п0}^{(3)*} \cdot \frac{S_{б}}{\sqrt{3}U_{б}} = 16,06, \quad (2)$$

где  $S_{б}$  – базисная мощность расчётной схемы (принимаяем 1000), МВА,  
 $U_{б}$  – базисное напряжение (принимаяем 115), кВ.

Относительное значение периодической составляющей тока генераторов в начальный момент КЗ, определяющее удаленность точки КЗ:

$$I_{п0(ном)}^{(3)*} = I_{п0}^{(3)*} \cdot \frac{S_{б}}{\sum S_{ном\ СГ}} \cdot \frac{U_{ном\ СГ}}{U_{б}} = 2,43. \quad (3)$$

где  $S_{ном\ СГ}$  – номинальная мощность генераторов (мощность генераторов от Барнаульской ТЭЦ-2 примем 120), МВА;

$U_{ном\ СГ}$  – номинальное напряжение генераторов (принимаяем 10,5), кВ.

Короткое замыкание считается удаленным, если отношение действующего значения периодической составляющей тока генераторов в начальный момент времени КЗ к номинальному току машин меньше 2:

$$I_{п0(ном)}^{(3)*} = 2,43 > 2, \quad (4)$$

значит КЗ близкого действия.

Действующее значение периодической составляющей тока КЗ мало изменяется во времени, поэтому принимается, кА

$$I_{п(t=0,2)}^{(3)} = I_{п0}^{(3)} = 16,06. \quad (5)$$

Мощность короткого замыкания, МВА:

$$S_{к}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot U_{б} \cdot I_{п0}^{(3)} = 3198,92. \quad (6)$$

Для расчета ударного тока необходимо определить ударные коэффициенты  $k_u$ , соотношение реактивной и активной составляющей ветви и постоянные времени затухания апериодической составляющей  $T_a$ .

Соотношение реактивной и активной составляющей ветвей (индекс означает номер ветви):

$$\frac{x_{\text{Э90}}}{r_{\text{Э90}}} = \frac{0,427}{0,0731} = 5,84 > 5, \quad (7)$$

$$\frac{x_{\text{ЭG130}}}{r_{\text{ЭG130}}} = \frac{1,09}{0,078} = 13,97 > 5. \quad (8)$$

Постоянные времени затухания аperiodической составляющей  $T_a$ , с:

$$T_{a(\text{Э90})} = \frac{x_{\text{Э90}}}{\omega \cdot r_{\text{Э90}}} = \frac{0,427}{314 \cdot 0,0731} = 0,019, \quad (9)$$

$$T_{a(\text{ЭG130})} = \frac{x_{\text{ЭG130}}}{\omega \cdot r_{\text{ЭG130}}} = \frac{1,09}{314 \cdot 0,078} = 0,045. \quad (10)$$

Ударные коэффициенты

$$k_{y(\text{Э90})} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_{a(\text{Э90})}}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,019}} = 1,59, \quad (11)$$

$$k_{y(\text{ЭG130})} = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{3}{\frac{x_{\text{ЭG130}}}{r_{\text{ЭG130}}}}} = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{3}{13,97}} = 1,811. \quad (12)$$

Ударный ток:

$$\begin{aligned} i_{y^*} &= \sqrt{2} \cdot \left( k_{y(\text{Э90})} \cdot \frac{E_{\text{ЭGS82}} - U_{\text{к}}^{(3)}}{x_{\text{Э90}}} + k_{y(\text{ЭG130})} \cdot \frac{E_{\text{Э12}} - U_{\text{к}}^{(3)}}{x_{\text{ЭG130}}} \right) = \\ &= \sqrt{2} \cdot \left( k_{y(\text{Э90})} \cdot I_{\text{п0}^*(\text{Э90})}^{(3)} + k_{y(\text{ЭG130})} \cdot I_{\text{п0}^*(\text{ЭG130})}^{(3)} \right) = \\ &= \sqrt{2} \cdot \left( 1,59 \cdot \frac{0,988 - 0}{0,427} + 1,811 \cdot \frac{0,971 - 0}{1,09} \right) = \\ &= \sqrt{2} \cdot (1,59 \cdot 2,31 + 1,811 \cdot 0,89) = 7,47. \end{aligned} \quad (13)$$

Ударный ток в именованных единицах, кА:

$$i_y = i_{y^*} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3}U_{\text{б}}} = 7,47 \cdot \frac{1000}{\sqrt{3} \times 115} = 37,5. \quad (14)$$

Чтобы определить падение напряжения на шинах генератора и подстанции «Чесноковской», необходимо найти значение тока на каждой ветке (рисунок 3):

$$I_{\text{п01}}^{(3)} = \frac{E_{\text{ЭGS82}} - U_{\text{к}}^{(3)}}{x_{\text{Э90}}} = \frac{0,988 - 0}{0,427} = 2,31; \quad (15)$$

$$I_{\text{п02}}^{(3)} = \frac{E_{\text{ЭG}} - U_{\text{к}}^{(3)}}{x_{\text{Э43}}} = \frac{1,08 - 0}{2,09} = 0,517. \quad (16)$$

Напряжение на шинах «Чесноковской» после КЗ на шинах подстанции «Опорной» будет равно, кВ:

$$U_1 = I_{\text{п01}}^{(3)} \cdot x_{\text{ЭЛ51}} \cdot U_{\text{б}} = 2,31 \cdot 0,225 \cdot 115 = 59,77, \quad (17)$$

что на 50,23% ниже номинального значения.

Напряжение на шинах генератора Барнаульской ТЭЦ-2 после КЗ на шинах подстанции «Опорной» будет равно, кВ:

$$U_2 = I_{\text{п02}}^{(3)} \cdot (x_{\text{Л42}} + x_{\text{Т34}}) \cdot U_{\text{б}} = 0,517 \cdot (0,04 + 0,8335) \cdot 10,5 = 4,74, \quad (18)$$

что на 45,14% ниже номинального значения.

Согласно замерам, в районе подстанции удельное сопротивление грунта (супесь песчаная) составляет от 300 до 370 Ом·м, с учётом сезонного коэффициента. В расчёте учитывались значения токов КЗ. Расчётная схема ЗУ подстанции Чесноковская представлена на рисунке 6.

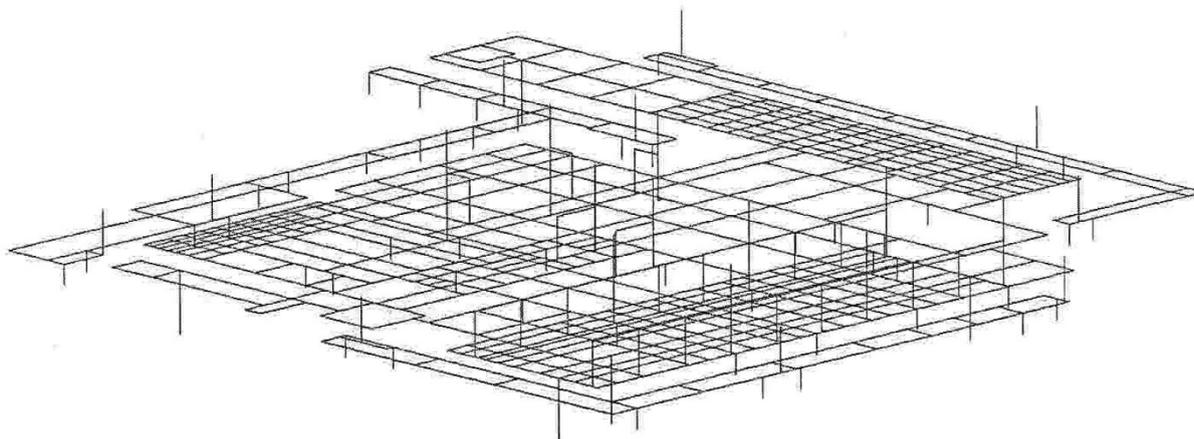


Рисунок 6 – Расчётная схема ЗУ подстанции Чесноковская

При возникновении КЗ значения разностей потенциалов между местом размещения МП аппаратуры и точки КЗ не будут превышать предельно допустимое значение 1200 В, в соответствии с [2].

При возникновении КЗ на территории ОРУ 220 кВ Чесноковская максимальный подъём потенциала на ЗУ составит 3,4 кВ, на ОРУ 110 кВ – 3,2 кВ, что удовлетворяет требованиям п. 1.7.89 ПУЭ, 7-е издание [3].

При разряде молнии в молниеприемники, расположенные в максимальной близости от зданий общеподстанционного пункта управления (ОПУ) и распределительного щита (РЩ) в ОРУ 35 кВ, уровень напряжённости импульсного магнитного поля в местах установки МП аппаратуры без учёта экранирования не превысит, соответственно, 290 А/м и 175 А/м, что не превышает уровень четвертой степени жесткости испытаний согласно [4].

Цепи питания МП аппаратуры, вторичной коммутации цепей постоянного оперативного тока должны разводиться отдельно от других цепей экранированным кабелем с двухсторонним заземлением экрана. Для предотвращения поражения МП аппаратуры электростатическим разрядом предлагается выполнять напольное покрытие в помещениях из антистатического материала и регулировать влажность с помощью систем кондиционирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении схемы и программы развития Единой энергетической системы России на 2019 - 2025 годы: утв. Приказом Минэнерго России от 28 февраля 2019 г. № 174 – 273 с.
2. ГОСТ Р 50571.4.44-2019 (МЭК 60364-4-44:2007). Национальный стандарт Российской Федерации. Электроустановки низковольтные Часть 4.44. Защита для обеспечения безопасности. Защита от резких отклонений напряжения и электромагнитных возмущений. – М., Стандартинформ, 2019. – 47 с.
3. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 февраля 2015 г. – М.: КНОРУС, 2018. – 488 с.
4. ГОСТ IEC 61000-4-9-2013 Электромагнитная совместимость. Часть 4-9. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к импульсному магнитному полю. – М., Российский институт стандартизации, 2021. – 22 с.

## REFERENCES

1. On approval of the scheme and program for the development of the Unified Energy System of Russia for 2019 - 2025: approved. By Order of the Ministry of Energy of Russia dated February 28, 2019 No. 174 – 273 p.
2. GOST R 50571.4.44-2019 (IEC 60364-4-44:2007). National standard of the Russian Federation. Low-voltage electrical installations Part 4.44. Protection for safety. Protection against sudden voltage fluctuations and electromagnetic disturbances. – M., Standartinform, 2019. – 47 p.
3. Rules for electrical installations. All current sections of the sixth and seventh editions with changes and additions as of February 1, 2015 - M.: KNORUS, 2018. - 488 p.
4. GOST IEC 61000-4-9-2013 Electromagnetic compatibility. Part 4-9. Test and measurement methods. Tests for resistance to pulsed magnetic fields. – M., Russian Institute of Standardization, 2021. – 22 p.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Кондуктивные низкочастотные электромагнитные помехи, устойчивость узла нагрузки, баланс мощности, аварийные режимы, заземляющее устройство.*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Ананьина Татьяна Валерьевна, ассистент кафедры «Электроэнергетических систем и электротехники» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Иванова Елена Васильевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетических систем и электротехники» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Переладов Михаил Евгеньевич, старший преподаватель кафедры «Электроэнергетических систем и электротехники» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Садовская Людмила Вадимовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетических систем и электротехники» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Сальников Василий Герасимович, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетических систем и электротехники» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

*630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

# ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ПО СРЕДСТВАМ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ПРОВОДНИКОВ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Р.Г. Галеев

## LIMITATION OF SHORT-CIRCUIT CURRENTS BY MEANS OF USING HIGH-TEMPERATURE SUPERCONDUCTING CONDUCTORS IN POWER TRANSFORMERS

Novosibirsk State Technical University (NSTU), Karl Marx Avenue 20, Novosibirsk, 630073, Russia

R.G. Galeev (Assistant of the Department of Theoretical Foundations of Electrical Engineering of NSTU)

**ABSTRACT:** Short-circuit currents in electrical networks are one of the main causes of failure of power transformers, which requires the use of current-limiting reactors and protective automation. The use of high-temperature superconducting conductors (HTS), due to the property of leaving the superconducting state into a resistive one when the critical current is exceeded, allows the use of HTS transformers without current-limiting reactors.

**Keywords:** Transformer, high temperature superconductivity, short circuit current limitation

Токи короткого замыкания в электрических сетях являются одной из основных причин выхода из строя силовых трансформаторов, что требует применение токоограничивающих реакторов и защитной автоматики. применение высокотемпературных сверхпроводящих проводников (ВТСП), благодаря свойству выходить из сверхпроводящего состояния в резистивное при превышении критического тока, позволяет применять ВТСП трансформаторы без токоограничивающих реакторов.

Сверхпроводимость известна с начала 20 века, но получила широкую известность и перспективу масштабного применения, только с открытием сверхпроводников с критической температурой выше точки кипения жидкого азота. На рисунке 1 представлена структура ВТСП провода второго поколения [1, 2].

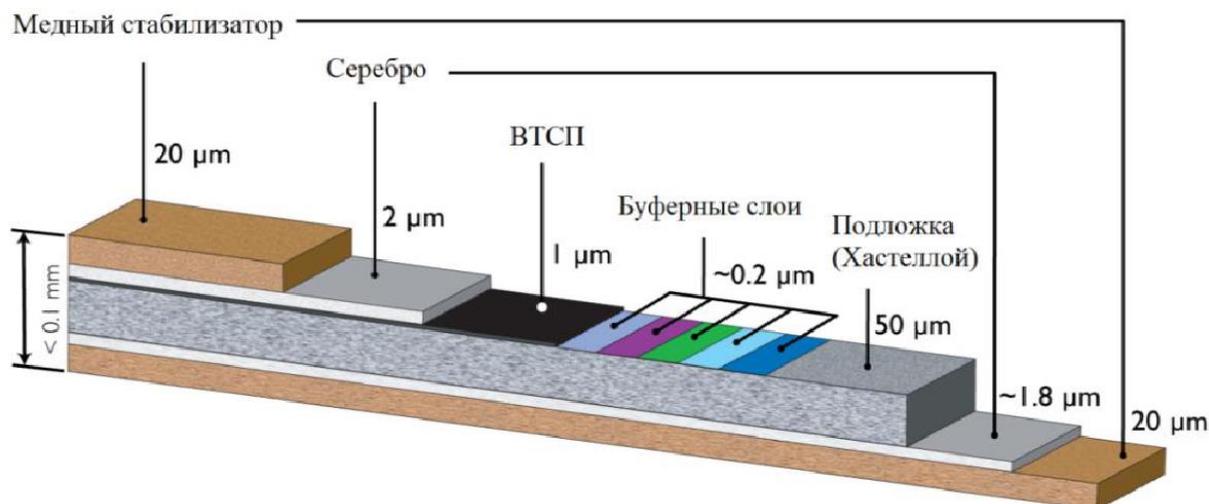


Рисунок 1 – Структура ВТСП провода второго поколения производства фирмы SuperPower

Применение ВТСП трансформаторов, в которых при температуре кипения жидкого азота 77 K (-198°C) активное сопротивление равно нулю, что исключает тепловые потери на активное сопротивление при любых коэффициентах нагрузки, как видно из рисунка 2. Плотность тока в сверхпроводящем проводе может достигать 500 А/мм<sup>2</sup>, по сравнению с медью расчетное для трансформатора принимают 1,8 А/мм<sup>2</sup>, разница в 250 раз оказывает существенное влияние на уменьшение объема и массы обмоток трансформатора и следовательно на уменьшение массы магнитопровода [3].

Диэлектрическая среда – жидкий азот не огнеопасен и абсолютно безвреден для человека, относительно легок в добывании, так как содержание азота в воздухе приблизительно 78%. Жидкий азот нейтрален для активных элементов трансформатора и не вызывает твердых отложений на поверхности обмоток и магнитопровода.

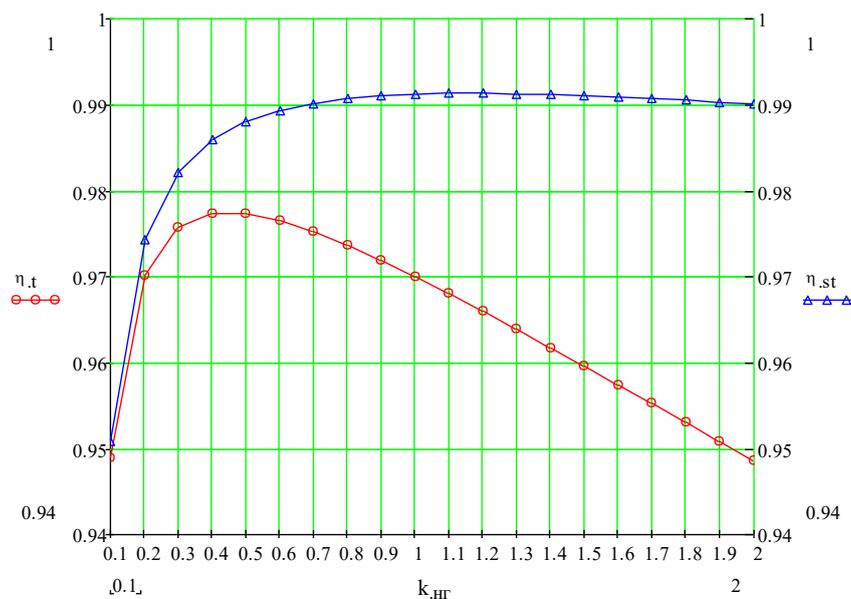


Рисунок 2 – Коэффициент полезного действия:

$\eta_t$  – классического трансформатора с масляным охлаждением;

$\eta_{st}$  – трансформатора со сверхпроводящими обмотками;  $k_{нгр}$  – коэффициент нагрузки

Методы исследования. ВТСП имеет ряд отличительных параметров от трансформаторов с классическими обмотками. Принято считать, что медные и алюминиевые проводники имеют постоянное сопротивление не зависимо от температуры окружающей среды или от протекающего тока, то есть температурный коэффициент не учитывается. ВТСП проводник имеет зависимость по трем точка: критический ток, критическая температура и критическое магнитное поле. Это сказывается на математической модели трансформатора, как в номинальном режиме, так и в режиме короткого замыкания.

Параметры схемы замещения ВТСП трансформатора имеет отличительные значения от параметров схемы замещения обычного трансформатора, что оказывает на электромагнитные переходные процессы, как показано на рисунке 3 [4].

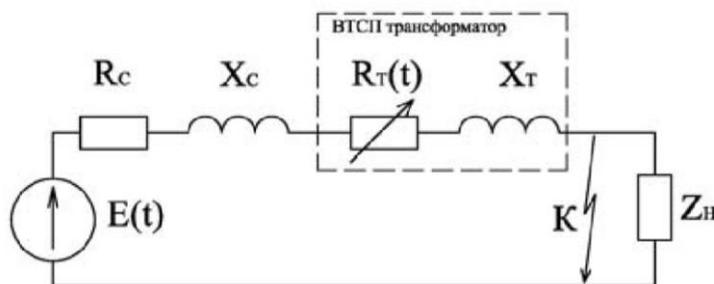


Рисунок 3 – Схема замещения для расчета переходного процесса

Наряду с этим ВТСП трансформаторы при коротких замыканиях в сети временно теряет свойство сверхпроводимости обмоток (рисунок 3), существенно ограничивают токи короткого замыкания (ТКЗ) в электрической сети, тем самым они являются ограничителями тока короткого замыкания, что позволяет отказаться от дополнительного применения последовательно включенных реакторов и трансформаторов с расщепленной обмоткой. Эксперименты показывают, что в 2–2,5 раза ограничивается однофазное короткое замыкание (рисунок 4). Такое решение является одним из новых системных инновационных мероприятий, поскольку основная коммутационная аппаратура электрических сетей и электропотребителей выбиралась несколько десятилетий назад и последующее увеличение электрических нагрузок потребителей существенно увеличило ТКЗ по сравнению с теми, для которых коммутационная аппаратура выбиралась [5].

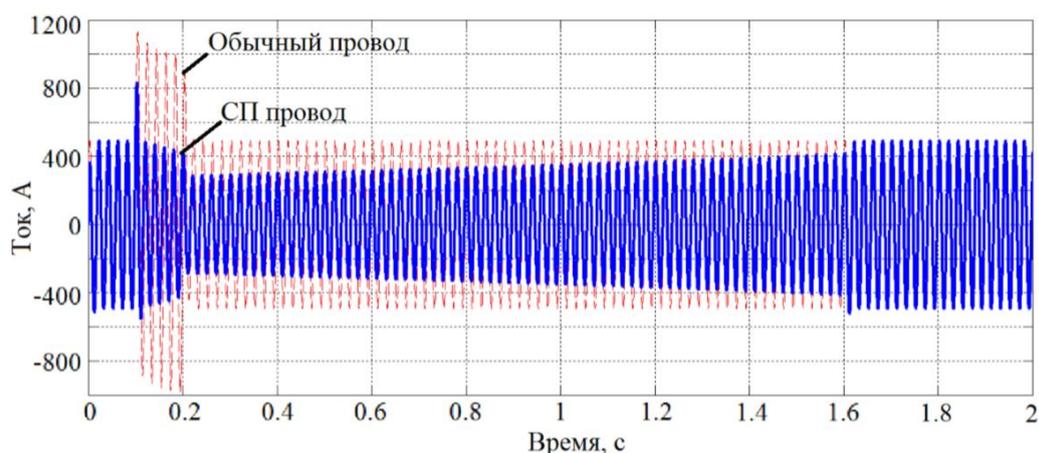


Рисунок 4 – Кривые токов КЗ для обычного и ВТСП провода

Таким образом, ток КЗ ограничивается при использовании ВТСП проводов. В момент превышения критического тока ВТСП проводник переходит в состояние с омическим сопротивлением. Это приводит к значительному ограничению пикового значения ударного тока в первый полупериод. Как следствие апериодическая составляющая тока КЗ ограничивается стремительнее по сравнению с обычным проводником, что говорит о превышении активного сопротивления ВТСП проводника по отношению к случаю с обычным проводником [6, 7].

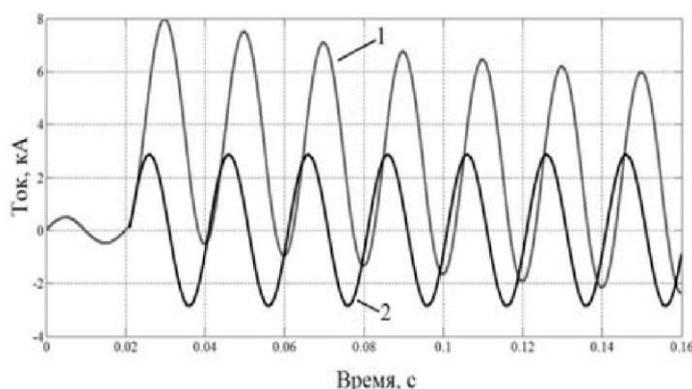


Рисунок 5 – Кривые изменения тока КЗ без ограничения (1) и с ограничением (2)

Обсуждение результатов. Проведенные исследования, представленные в этой работе, подтверждают целесообразность применения ВТСП проводников в трансформаторном электрооборудовании по многим факторам. Положительное влияние на массогабаритные характеристики трансформатора. Особенно это важно для мобильных и автономных систем электроснабжения с частотой электрической сети 50 Гц. Появляется больше свободной нагрузки при транспортировке трансформатора и меньше материальных затрат при подготовке установочного места трансформатора. Показана энергоэффективность ВТСП трансформатора при повышенных коэффициентах нагрузки, что является значимым показателем для предприятий с высоким энергопотреблением и двух или трехфазным режимом работы.

Положительное влияние на энергосистему благодаря возможности ограничения токов короткого замыкания.

В работе показано, что существует возможность ограничения тока короткого замыкания в электрической сети с помощью трансформатора с ВТСП обмотками. При этом в первый полупериод ограничение тока короткого замыкания не так существенно, как в последующие полупериоды за ним. Это обусловлено более быстрым затуханием апериодической составляющей тока короткого замыкания, чем в традиционных трансформаторах с обмоткой из медного провода, а также увеличением температуры сверхпроводящей обмотки ВТСП трансформатора.

Возможность ограничения токов короткого замыкания с помощью ВТСП трансформаторов за счет увеличения сопротивления проводника при превышении критического тока. Увеличение сопротивления в аварийном режиме работы позволяет отказаться от последовательно включенных реакторов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Манусов, В.З., Электротепловые переходные процессы в сети с высокотемпературным сверхпроводящим трансформатором с функцией токоограничения / В.З. Манусов, Д.М.Иванов.– Текст: непосредственный // Электричество.– 2022.– №1.– с. 9–17.
2. Marchionini, B. G., High Temperature Superconductivity: A Roadmap for Electric Power Sector Applications / 2015–2030,” B. G. Marchionini, Y. Yamada, L. Martini and H. Ohsaki.– doi:10.1109/TACK.2017.2671680.– Текст: непосредственный // IEEE Transactions on Applied Superconductivity.– 2017.
3. Глушкин, И.З. Сверхпроводниковые токоограничивающие устройства и индуктивные накопители энергии для электроэнергетических систем / И.З. Глушкин, Г.А. Дмитриева, М.Ш. Мисриханов, В.Г. Наровлянский, И. В. Якимец.– Текст: непосредственный // – М.: Энергоатомиздат.– 2002. – 373 с.
4. Sissimatos E. Technik und Einsatz von hochtemperatur-supraleitenden Leistungstransformatoren. Dissertation. Universität Hannover, 2005.
5. Chu, C. W. High–Temperature Superconducting Materials: A Decade of Impressive Advancement /, C. W. Chu, – Текст: непосредственный IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 7, No. 2, June 1997.
6. Angeli, G. Status of Superconducting Fault Current Limiter in Italy: Final Results from the In–Field Testing Activity and Design of the 9kV/15.6MVA Device / G. Angeli.– Текст: непосредственный // IEEE Transactions on Applied Superconductivity.– vol.– 2016.– 26.– pp. 9.
7. Разработка силовых трансформаторов с высокотемпературными сверхпроводящими обмотками для ограничения токов короткого замыкания в электрических сетях / Р. Г. Галеев, В. И. Синицин, В. З. Манусов, Н. О. Поскачин // Энергетика глазами молодежи – 2023 : Материалы XIII Международной научно-технической конференции: в 2 томах, Красноярск, 23–27 октября 2023 года. Том 2. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2023. – С. 136-139. – EDN OUKJRV.

## REFERENCES

1. Manusov, V.Z., Electrothermal transients in a network with a high-temperature superconducting transformer with a current limiting function / V.Z. Manusov, D.M.Ivanov.– Text: direct // Electricity.- 2022.– No.1.– pp. 9-17.
2. Marchionini, B. G., High Temperature Superconductivity: A Roadmap for Electric Power Sector Applications / 2015-2030,” B. G. Marchionini, Y. Yamada, L. Martini and H. Ohsaki.– doi:10.1109/TACK.2017.2671680.– Text: direct // IEEE Transactions on Applied Superconductivity.– 2017.
3. Gluskin, I.Z. Superconducting current-limiting devices and inductive energy storage for electric power systems / I.Z. Gluskin, G.A. Dmitrieva, M.Sh. Misrihanov, V.G. Narovlyansky, I. V. Yakimets.– Text: direct // – M.: Energoatomizdat.– 2002. – 373 p
4. Sissimatos E. Technik und Einsatz von hochtemperatur-supraleitenden Leistungstransformatoren. Dissertation. Universität Hannover, 2005.
5. Chu, C. W. High–Temperature Superconducting Materials: A Decade of Impressive Advancement /, C. W. Chu, – Text: direct IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 7, No. 2, June 1997.
6. Angeli, G. Status of Superconducting Fault Current Limiter in Italy: Final Results from the In–Field Testing Activity and Design of the 9kV/15.6MVA Device / G. Angeli.– Text: direct // IEEE Transactions on Applied Superconductivity.– vol.– 2016.– 26.– pp. 9
7. Development of power transformers with high–temperature superconducting windings to limit short-circuit currents in electric networks / R. G. Galeev, V. I. Sinitsin, V. Z. Manusov, N. O. Poskachin // Electric power industry through the eyes of youth - 2023 : Proceedings of the XIII International Scientific and Technical Conference: in 2 volumes, Krasnoyarsk, October 23-27, 2023. Volume 2. – Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2023. – pp. 136-139. – EDN OUKJRV.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Трансформатор, высокотемпературная сверхпроводимость, ограничение тока короткого замыкания.  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Галеев Ратмир Гаязович, ассистент кафедры Теорий основ электротехники ФГБОУ ВО «НГТУ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630073, г.Новосибирск, проспект Карла Маркса 20, ФГБОУ ВО «НГТУ»

## УСТОЙЧИВОСТЬ УЗЛА НАГРУЗКИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПЕРЕТОКА МОЩНОСТИ В РАЙОННОЙ ПОДСТАНЦИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Т.В. Ананьина, Е.В. Иванова, М.Е. Переладов, Л.В. Садовская, В.Г. Сальников**

### STABILITY OF LOAD UNIT WHEN CHANGING POWER FLOW IN A DISTRICT SUBSTATION

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**T.V. Ananina** (Assistant of the Department «Electrical power systems and electrical engineering» of SSUWT)

**E.V. Ivanova** (Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Electrical power systems and electrical engineering» of SSUWT)

**M.E. Pereladov** (Senior lecturer of the Department «Electrical power systems and electrical engineering» of SSUWT)

**L.V. Sadovskaya** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department «Electrical power systems and electrical engineering» of SSUWT)

**V.G. Salnikov** (Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Electrical power systems and electrical engineering» of SSUWT)

**ABSTRACT:** A change in the demand for electrical energy in the Siberian IPS involves the expansion of equipment, a change in the voltage stability margin and system parameters. An analysis of the power balance for a given period of the Chesnokovskaya substation was carried out, a model was presented in the MatLab Simulink environment, and oscillograms of operating modes were obtained.

**Keywords:** Node stability, power balance, switching, emergency modes, switching impulse voltages.

Изменение спроса на электрическую энергию в ОЭС Сибири предполагает расширение оборудования, изменение запаса устойчивости по напряжению и параметров системы. Проведён анализ баланса мощности за взятый период подстанции «Чесноковская», представлена модель в среде MatLab Simulink, получены осциллограммы режимов работы.

Объем потребления электрической энергии по объединенной энергетической системе (ОЭС) Сибири в 2018 году составляла 210,147 млрд. кВт·ч, что на 2,07 % выше уровня 2017 года. К 2025 году объем спроса на электрическую энергию в ОЭС Сибири прогнозируется на уровне 232,305 млрд. кВт·ч (среднегодовой темп прироста за период – 1,44 %) (рисунок 1) [1].

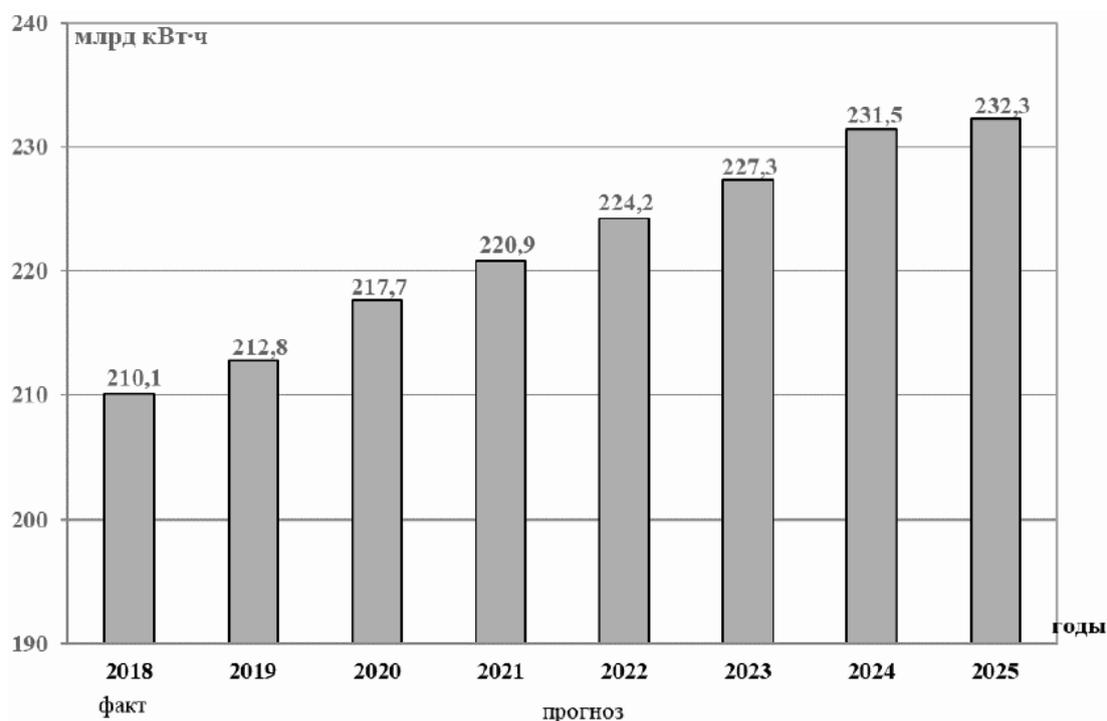


Рисунок 1 – Прогноз спроса на электрическую энергию по ОЭС Сибири на период до 2025 года

Динамика спроса на электрическую энергию в ОЭС Сибири характеризуется относительно высоким ростом в период 2018–2020 годов с замедлением темпов в период 2021–2025 годов.

В связи с увеличением потребителей встает вопрос переоборудования основных узлов. В таблице 1 представлен прогноз спроса на электрическую энергию по Сибири, в частности нас интересует энергосистема Алтайского края и республики Алтай. Как видно из таблицы в период 2021–2025 г снижаются темпы, что характерно для всей Сибири. Это связано с завершением программы модернизации энергетики России до 2020 года. В 2018 году в балансе энергосистемы не учитывается Рубцовская ТЭЦ, которая выведена из эксплуатации в 2018 году (снижение мощности на 18 МВт).

На период 2018–2024 год была намечена модернизация двухугольных ТЭЦ: Барнаулская ТЭЦ-2 и Бийская ТЭЦ-1.

Таблица 1 – Прогноз спроса на электрическую энергию по ОЭС Сибири, млрд. кВт·ч

	Факт	Прогноз							Ср. год. прирост за 2019 - 2025 гг., %
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	
ОЭС Сибири, в т.ч.:	210,147	212,788	217,677	220,885	224,239	227,302	231,452	232,305	
годовой темп, %	2,07	1,26	2,30	1,47	1,52	1,37	1,83	0,37	1,44
энергосистема Алтайского края и Республики Алтай	10,795	10,888	10,939	10,954	10,987	11,000	11,037	11,038	
годовой темп, %	0,38	0,86	0,47	0,14	0,30	0,12	0,34	0,01	0,32
энергосистема Республики Бурятия	5,532	5,584	5,638	5,657	5,686	5,774	5,845	5,877	

## ELECTRIC POWER INDUSTRY

	Факт	Прогноз							Ср. год. прирост за 2019 - 2025 гг., %
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	
годовой темп, %	0,97	0,94	0,97	0,34	0,51	1,55	1,23	0,55	0,87
энергосистема Иркутской области	55,056	55,141	57,331	59,888	62,289	64,535	64,967	65,332	
годовой темп, %	3,30	0,15	3,97	4,46	4,01	3,61	0,67	0,56	2,47
энергосистема Красноярского края	45,260	47,283	49,209	49,620	50,161	50,386	53,309	53,548	
годовой темп, %	1,13	4,47	4,07	0,84	1,09	0,45	5,80	0,45	2,43
энергосистема Республики Тыва	0,808	0,824	0,838	0,885	0,920	1,116	1,158	1,184	
годовой темп, %	0,37	1,98	1,70	5,61	3,95	21,30	3,76	2,25	5,61
энергосистема Новосибирской области	16,537	16,460	16,606	16,647	16,654	16,708	16,756	16,795	
годовой темп, %	3,48	-0,47	0,89	0,25	0,04	0,32	0,29	0,23	0,22
энергосистема Омской области	11,015	11,058	11,142	11,187	11,270	11,330	11,411	11,459	
годовой темп, %	1,92	0,39	0,76	0,40	0,74	0,53	0,71	0,42	0,57
энергосистема Томской области	8,345	8,285	8,337	8,359	8,364	8,371	8,412	8,410	
годовой темп, %	2,38	-0,72	0,63	0,26	0,06	0,08	0,49	-0,02	0,11
энергосистема Забайкальского края	7,960	8,233	8,302	8,333	8,447	8,601	8,909	9,132	
годовой темп, %	1,88	3,43	0,84	0,37	1,37	1,82	3,58	2,50	1,98
энергосистема Республики Хакасия	16,830	16,840	16,901	16,870	16,883	16,895	16,941	16,902	
годовой темп, %	1,06	0,06	0,36	-0,18	0,08	0,07	0,27	-0,23	0,06
энергосистема Кемеровской области	32,009	32,192	32,434	32,485	32,578	32,586	32,707	32,628	
годовой темп, %	2,01	0,57	0,75	0,16	0,29	0,02	0,37	-0,24	0,27

В конечном итоге произойдет перераспределение баланса мощности, и необходим расчет режимов работы подстанции (ПС) «Чесноковская», как основного узла в этом регионе.

Данная проблема является актуальной, поскольку изменение режима работы может привести к перебою в подаче электроэнергии, авариям и нанести вред народному хозяйству.

В целях внедрения дистанционного (теле-) управления режимами работы из диспетчерских центров АО «СО ЕЭС» и формирования общих подходов к его реализации возможно осуществления пилотного проекта по управлению режимами работы на подстанции «Чесноковская».

Алтайская энергосистема является дефицитной. Наиболее проблематичный по надежности электроснабжения - Барнаульский энергоузел, основной приемной ПС которого и является ПС 220 кВ Чесноковская.

Объектом исследования являются подстанция «Чесноковская» с электрической сетью 110-220 кВ. Целью работы является исследовать режимы работы электрической сети 110-220 кВ в районе подстанции «Чесноковская».

Баланс мощности на шинах 110 кВ ПС 220 кВ «Чесноковская» на 2015 - 2020 гг. с учетом прогнозируемого роста нагрузок.

Как видно из таблицы 2, нагрузка района на напряжении 110 кВ, покрываемая от АТ 220/110 кВ установленных на ПС Чесноковская, составляет на уровне 2015 г. – 225 МВт, 2020 г. – 234 МВт

На рисунке 2 представлена схема подстанции «Чесноковская» в среде MatLab Simulink. Для моделирования сети 220/110 кВ пренебрегаем сетью 35 кВ.

Таблица 2 – Баланс мощности на шинах 110 кВ ПС Чесноковская (МВт)

	2015г.	2020г.
I. Потребность		
- Нагрузка района	233,3	264
- Передача мощности в соседние энергорайоны	62,1	50,5
Итого	295,4	314,5
II. Покрытие		
- от Барнаульской ТЭЦ-2	49,2	53,7
- от соседних энергорайонов	21,2	26,8
Итого	70,4	80,5
Дефицит (-) мощности	-225	-234

Электроэнергетическая система должна иметь определённый запас устойчивости по активной мощности и по напряжению. Коэффициент статической (апериодической) устойчивости по активной мощности в сечении ( $K_p$ ) определяется следующей формулой [2]

$$K_p = \frac{P_{np} - (P + \Delta P_{нк})}{P_{np}}, \quad (1)$$

где  $P_{np}$  – предельный переток активной мощности в рассматриваемом сечении по апериодической статической устойчивости;

$P$  – переток в сечении в рассматриваемом режиме,  $P > 0$ ;

$\Delta P_{нк}$  – амплитуда нерегулярных колебаний активной мощности в рассматриваемом сечении (под действием нерегулярных колебаний переток изменяется в диапазоне  $P \pm \Delta P_{нк}$ ).

Коэффициент запаса устойчивости по напряжению определяется по формуле

$$K_{(U)} = \frac{U - U_{кр}}{U}, \quad (2)$$

где  $U$  – напряжение в узле в рассматриваемом режиме;

$U_{кр}$  – критическое напряжение в том же узле, соответствующее границе статической устойчивости электродвигателей.

Критическое напряжение в узлах нагрузки 110 кВ и выше в случае отсутствия более точных данных следует принимать равным одной из двух величин:  $0,7U_n$  и  $0,75U_n$  – напряжение в рассматриваемом узле нагрузки при нормальном режиме электроэнергетической системы.

Послеаварийный режим после нормативных возмущений должен удовлетворять следующим требованиям [2, 3]:

– коэффициенты запаса по активной мощности – не менее 0,08;

– коэффициенты запаса по напряжению – не менее 0,1.

От ПС Чесноковская на напряжении 110 кВ осуществляется электроснабжение городских и сельских потребителей края, а также транзита 110 кВ. На напряжении 220 кВ осуществляется питание ПС Чесноковская от ПС Барнаульская по одной цепи протяженностью 30 км (с проводом АПС-400) через ПС Опорная, ПС Смазнево и ТЭЦ АКХЗ по одноцепным ВЛ, протяженностью 100 км и 81км, а также передача мощности в район ПС 220 кВ Власиха и ПС Бийская по двум одноцепным ВЛ (33,5 км и 130 км).

Необходимо найти уравнивающий ток при параллельной работе двух трансформаторов, если вторичные напряжения трансформаторов соответственно равны 117,500 кВ и 117,600 кВ, а также токи в обмотках при номинальной активно-индуктивной нагрузке.

Выполним замеры трансформаторов на холостом ходу. На Display В\_3 и Display В\_8 показаны вторичные напряжения фаз трансформаторов. Для первого трансформатора 67752 В, для второго 67810 В, что недалеко от расчетных (67,83 кВ и 67,89 кВ) [4].

Уравнивающие токи, протекающие во вторичных обмотках трансформаторов, одинаковы и равны 2.01 А для первого трансформатора и 2.014 А для второго трансформатора. Напряжения вторичных обмоток трансформатора идентичны и равны 67781,6138 В для первого и второго трансформатора [4].

При равномерно загруженной симметричной работе трансформаторов токи в первичных обмотках имеют следующие значения - 338.9 и 339.6 А; а во вторичной цепи - 659.4 и 658.7 А (рисунок 3) [4].

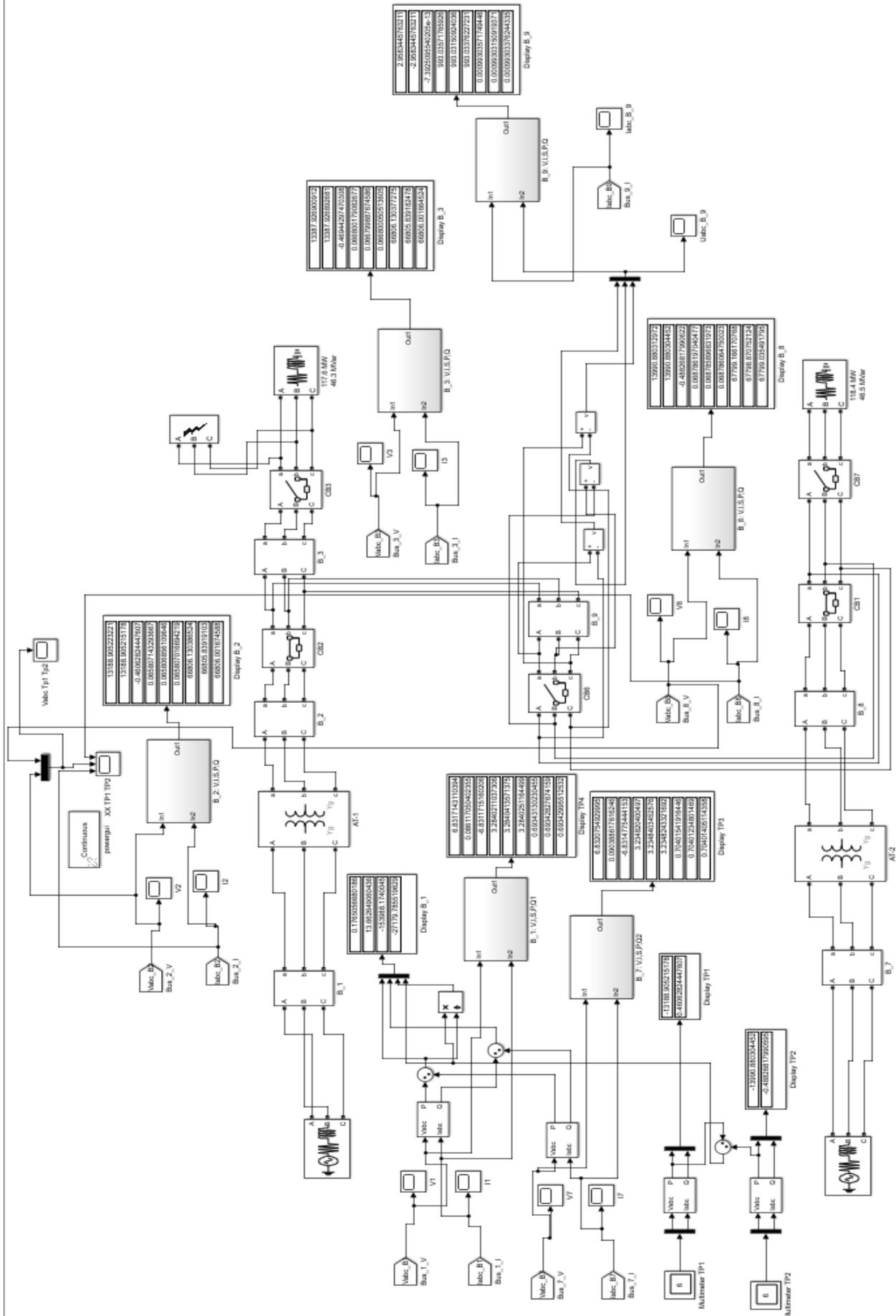


Рисунок 2 – Схема подстанции «Чесноковская», смоделированная в MatLab Simulink

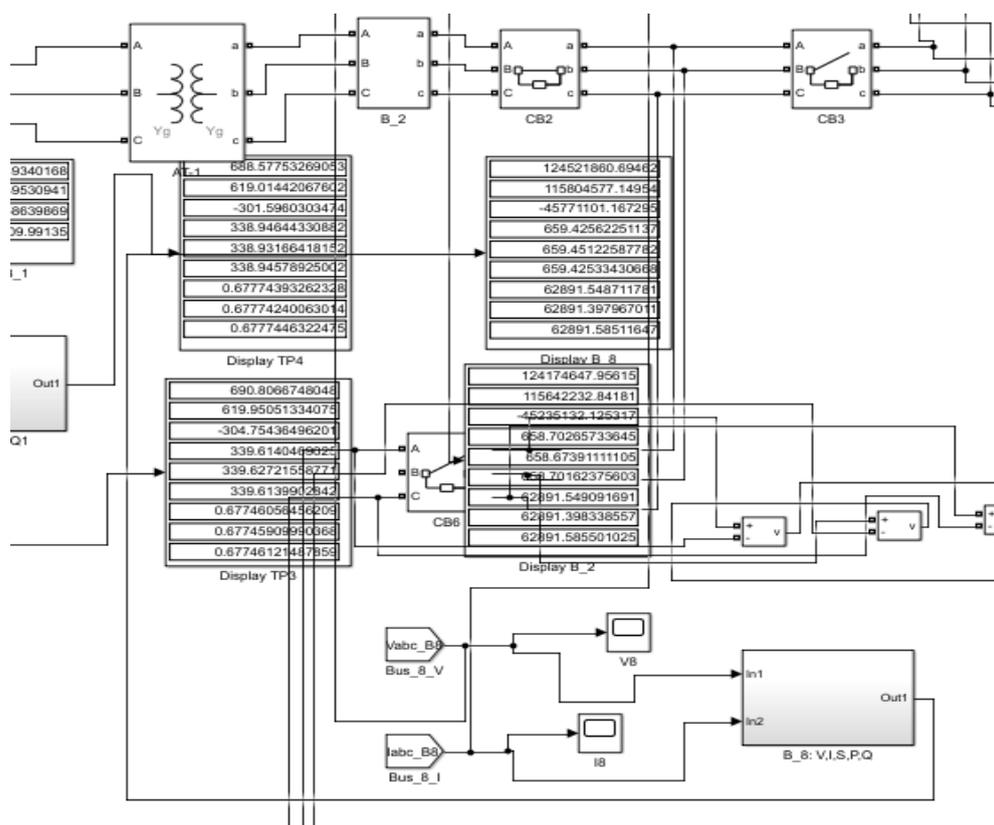


Рисунок 3 – Значения параметров при параллельная работа трансформаторов при номинальной нагрузке

Коммутационные перенапряжения могут сопутствовать операциям включения и отключения нагрузки в нормальном и аварийных режимах, короткие замыкания (КЗ) и разрывах цепи, внезапным изменениям нагрузки и т.п.

Графики переходных процессов вторичных напряжений при работе трансформаторов на холостом ходу, включении ( $t = 0,03$  с) секционного выключателя и наброс нагрузки ( $t = 0,1$  с) представлен на рисунке 4. На отрезке от  $t = 0,03$  с до  $t = 0,1$  с уравнивающие токи равны и находятся в противофазе. В случае, когда вторичные напряжения трансформаторов отличаются друг от друга, то наброс нагрузки ( $t = 0,1$  с) происходил бы более неравномерно между трансформаторами [4].

Так как подстанция Чесноковская является проходной и через неё осуществляется трансфер мощности, то равномерное распределение нагрузки на оба трансформатора и их бесперебойная работа является приоритетной задачей энергетической организации.

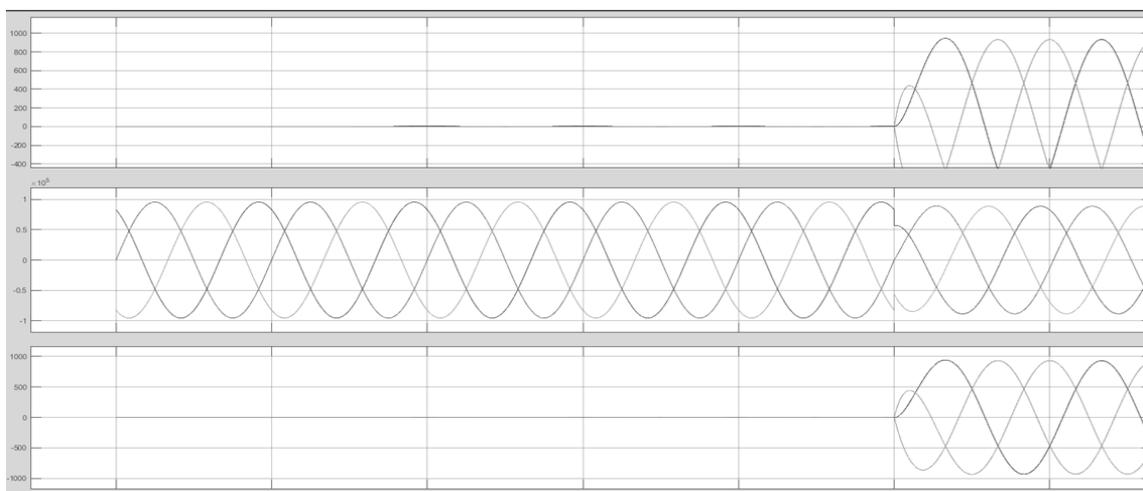


Рисунок 4 – Осциллограммы переходных процессов при одновременной работе трансформаторов на холостом ходу и включение нагрузки ( $t = 0,1$  с)

При приближении графиков в момент времени  $t = 0.03$  с при включении секционного выключателя становится видна процедура выравнивания осциллограмм вторичных напряжений трансформаторов на уровне кривых напряжений (рисунок 5).

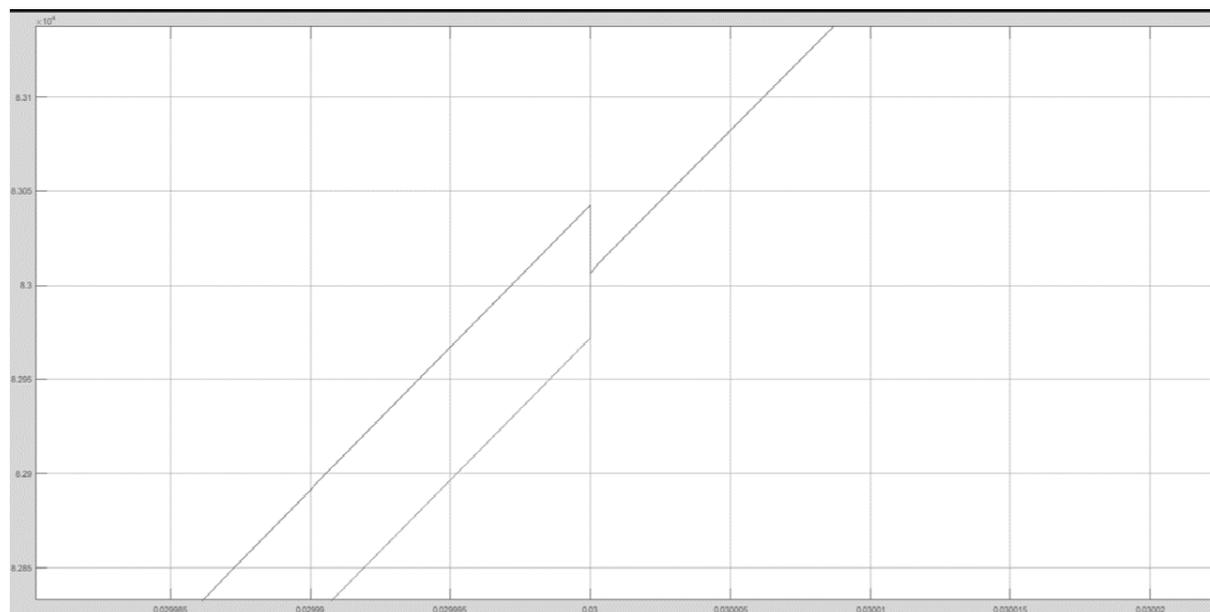


Рисунок 5 – Процесс выравнивания напряжений на уровне кривых напряжений

Рассмотрены аварийные режимы на подстанции на стороне 110 кВ. На рисунках 6, 7 представлены осциллограммы однофазного замыкания на землю и двухфазного замыкания. Короткое замыкание моделируется в районе подстанции Опорная, чтобы определить его влияния на режим работы подстанции Чесноковской и генераторов Барнаульской ТЭЦ-2.

При экспериментальных исследованиях для оценки коммутационных импульсных напряжений используется также коэффициент кратности

$$K_{\text{имп}} = U_{\text{имп,а}} / U_{\text{ф,а}}, \quad (3)$$

где  $U_{\text{ф,а}}$  – амплитуда фазного напряжения сети, кВ.

Таблица 3 – Характеристика коммутационных импульсных напряжений

Номинальное напряжение сети, кВ	0,38	3	6	10	20	35	110	220
Коммутационное импульсное напряжение, кВ	4,5	15,5	27	43	85,5	148	363	705

Комбинированные перенапряжения могут возникать при всяком опасном повышении напряжении из-за вторичных процессов – перекрытий КЗ, отключений, автоматическое повторное включение (АПВ) и т.п.

Внутренние перенапряжения характеризуются:

- уровнем или кратностью по отношению к амплитудному значению номинального фазового напряжения;
- длительностью, изменяющейся в широких пределах – от сотен мкс. до многих секунд;
- повторяемостью;
- степенью распространения – по всей системе или только в её ограниченных частях.

При определении численных значений этих параметров приходится учитывать, что внутренние перенапряжения являются процессами случайными, поэтому указанные значения имеют вероятностный характер и могут быть оценены лишь на основе статистических методов.

Внутренние перенапряжения имеют относительно большую длительность, что делает их более опасными для изоляции, чем кратковременные атмосферные перенапряжения. С ними связана опасность повреждения грозозащитных аппаратов.

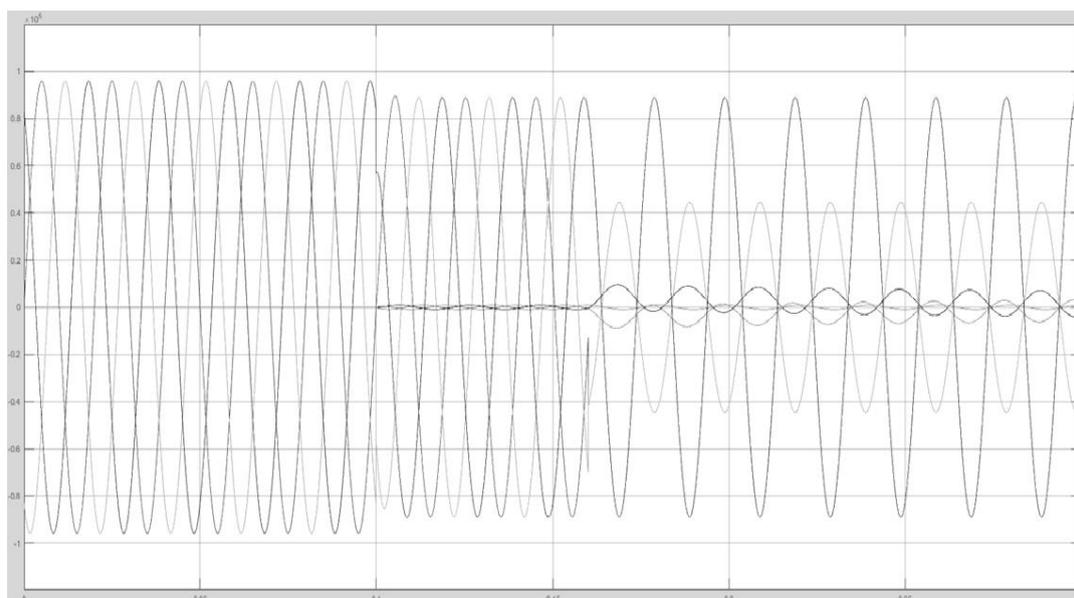


Рисунок 6 – Однофазное замыкание на землю

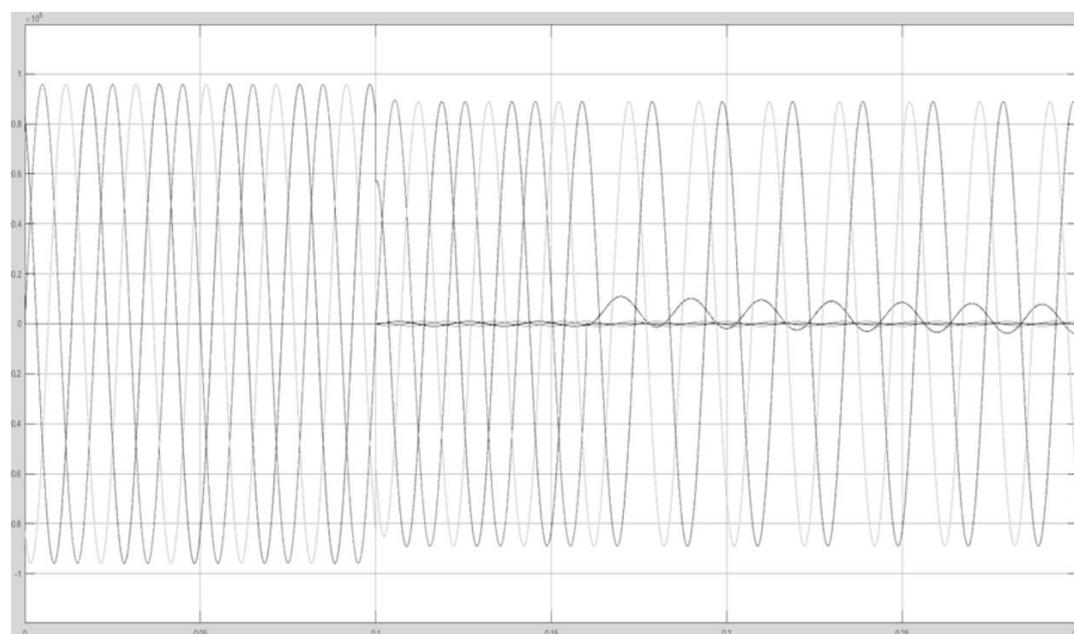


Рисунок 7 – Двухфазное короткое замыкание

Для защиты присоединения 110 кВ необходимо выбрать современные быстродействующие микропроцессорные защиты, которые реализуют полный комплекс защит, такие как максимальная токовая защита (МТЗ), дифференциально-фазная защита (ДФЗ), токовая защита нулевой последовательности (ТЗНП), устройство резервирования отказов выключателя (УРОВ).

Для нормализации сложного электромагнитного процесса в сетях общего назначения необходимо подавить низкочастотные кондуктивные электромагнитные помехи (ЭМП), распространяющиеся по сетям [5]. Решение поставленной задачи приведёт к повышению качества электрической энергии в узле нагрузки. Помимо этого, снизятся потери при передаче мощности к потребителям, что косвенно снижает выбросы CO<sub>2</sub> и углеродный след.

Были достигнуты следующие цели.

1. Оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима объектов электроэнергетики.
2. Применение программных средств, обеспечивающих решение задач проектирования объектов электроэнергетики.
3. Подготовка отчетной информации в соответствии с требованиями в рамках своей компетенции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении схемы и программы развития Единой энергетической системы России на 2019 - 2025 годы: утв. Приказом Минэнерго России от 28 февраля 2019 г. № 174 – 273 с.
2. Долгов, А.П. Устойчивость электрических систем: учеб. пособие / А.П.Долгов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – 176 с.
3. Методические указания по устойчивости энергосистем: утверждены Приказом Минэнерго России от 30 июня 2003 г. №277 – 10 с.
4. Абазоков И.А. Моделирование переходных процессов в двухтрансформаторной подстанции / И.А. Абазоков, М.С. Белойванов, В.В. Притоманов // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 3.
5. Устинов А.В. Обеспечение электромагнитной совместимости технических средств за счет подавления низкочастотных кондуктивных электромагнитных помех / А. В. Устинов, М. А. Кручинин, Ю. Н. Смыков [и др.] // Актуальные проблемы и перспективы инновационного развития современной России, Нижневартовск, 15–17 мая 2014 года. – Нижневартовск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Омский государственный технический университет», 2014. – С. 41-46.

## REFERENCES

1. On approval of the scheme and program for the development of the Unified Energy System of Russia for 2019 - 2025: approved. By Order of the Ministry of Energy of Russia dated February 28, 2019 No. 174 – 273 p.
2. Dolgov, A.P. Stability of electrical systems: textbook. allowance / A.P. Dolgov. – Novosibirsk: NSTU Publishing House, 2010. – 176 p.
3. Guidelines for the stability of energy systems: approved by Order of the Ministry of Energy of Russia dated June 30, 2003 No. 277 - 10 pp.
4. Abazokov I.A. Modeling of transient processes in a two-transformer substation / I.A. Abazokov, M.S. Beloivanov, V.V. Prito-manov // International student scientific bulletin. – 2017. – No. 3.
5. Ustinov A.V. Ensuring electromagnetic compatibility of technical means by suppressing low-frequency conducted electromagnetic interference / A. V. Ustinov, M. A. Kruchinin, Yu. N. Smykov [etc.] // Current problems and prospects for innovative development of modern Russia, Nizhnevartovsk, 15– May 17, 2014. – Nizhnevartovsk: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education “Omsk State Technical University”, 2014. – P. 41-46.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Устойчивость узла нагрузки, баланс мощности, коммутация, аварийные режимы, коммутационные импульсные напряжения.*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Ананьина Татьяна Валерьевна, ассистент кафедры «Электроэнергетических систем и электротехники» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Иванова Елена Васильевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетических систем и электротехники» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Переладов Михаил Евгеньевич, старший преподаватель кафедры «Электроэнергетических систем и электротехники» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Садовская Людмила Вадимовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетических систем и электротехники» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Сальников Василий Герасимович, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетических систем и электротехники» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОТРАСЛЕВЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

М.А. Бучельников, В.Н. Кофеева

### PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR SOLVING INDUSTRIAL HYDROLOGICAL AND HYDROECOLOGICAL PROBLEMS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**M.A. Buchelnikov** (Ph.D. of Biological Sciences, Assoc. Prof. of the Department of Construction Production, Structures and Water Resources Protection of SSUWT)

**V.N. Kofeeva** (Senior Lecturer at the Department of Construction Production, Structures and Water Resources Protection of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** The subject of the study is the analysis and classification of existing artificial neural networks, problems of their development and the applicability of existing topologies for solving problems facing the transport industry. Ways to complicate simple artificial neural networks for their practical application in hydroecology have been proposed.

---

*Keywords:* Artificial neural networks, artificial intelligence, hydroecology, water transport.

Предметом исследования является анализ и классификация существующих искусственных нейронных сетей, проблемы их развития и применимость существующих топологий для решения задач, стоящих перед транспортной отраслью. Предложены пути усложнения простых искусственных нейронных сетей для их практического применения в гидроэкологии.

Искусственные нейронные сети (далее ИНС), представляющие собой топологизированные математические алгоритмы анализа данных, с каждым годом все активнее внедряются в различные отрасли деятельности человека. Совершенствуясь и усложняясь, они превращаются в мощный искусственный интеллект, способный стать помощником в решении целого ряда задач. Вместе с тем, наиболее распространены ИНС «для широкого круга пользователей», а количество сетей, способных оказать помощь исследователям или разработчикам, совсем невелико, в частности, «гидрологические» ИНС упоминаются в следующих работах отечественных [4-6] и зарубежных [7-11] авторов.

В предыдущих работах нами были рассмотрены ИНС различных типов и их применимость для решения гидроэкологических задач [1-3].

Целью данной работы стала дальнейшая классификация и рассмотрение путей усложнения (совершенствования) ИНС для воднотранспортной отрасли.

Препятствиями на пути создания крупных ИНС выступают достаточно высокая стоимость разработки (оплата труда специалистов, программистов и т.д.) и отсутствие достаточных выборок «учебных образцов».

Рассматривая весь спектр существующих ИНС, можно предложить классификации по двум критериям:

- по назначению;
- по типологии (видам).

Классификация по назначению сетей весьма обширна, здесь можно выделить от 7 до 15 классов в зависимости от их «подробности». Так, наиболее популярный вид ИНС – сети для создания образов, к ним относятся, например, сети Midjourney и Kandinsky. Их работу осуществляют алгоритмы распознавания речи и формирования изображений.

Основными по типологии, на наш взгляд являются следующие классы.

Перцептрон. Основной вид ИНС, создан в 1957 году Ф. Розенблаттом. Представляет набор нейронов, способных генерировать решения, основанные на входных данных. Простейшие перцептроны выступают звеньями более сложных ИНС.

Многослойный перцептрон. Состоят из входного, нескольких «скрытых» слоев и решающего слоя. Связи между нейронами каждого слоя и «веса» формируют основу, например, для классификации и распознавания образов.

Рекуррентные Нейронные Сети (RNN): Предназначены для работы с последовательными данными, такими как временные ряды или текст. Их особенность заключается в наличии

циклических связей, которые позволяют учитывать предыдущие входы. Применяются для обработки естественного языка или автоматического перевода.

Свёрточные Нейронные Сети (CNN): используются для обработки изображений и распознавания объектов.

Глубокие нейронные сети (DNN): тип ИНС с большим числом слоев. Могут выделять признаки из массивов сложных данных, применяются для распознавания речи и анализа изображений.

Генеративные Сети (GAN): используются для генерации изображений, видео и других контентов.

После того, как создана простейшая сеть, ее архитектура неизбежно должна усложняться. Определим общую логику и принципы усложнения (построения архитектуры) ИНС.

Логика построения архитектуры обусловлена основными задачами, стоящими перед ИНС, например:

- способность оценивать экологическое влияние работ в русле и пойме рек;
- возможность оценивать их риски или даже принимать решения о наилучшем способе проведения работ;
- составлять прогнозы изменений в гидрологии и морфологии реки с учетом различных естественных и антропогенных факторов и т.д.

В целом, каждую задачу можно разделить на три уровня. Наивысший уровень – охватывает всю реку и подразумевает создание наиболее стабильной, эффективно работающей судоходной трассы, которая, с одной стороны, минимально изменяет естественный гидроэкологический режим реки, а с другой требует при своей эксплуатации, минимального вмешательства.

Второй, средний, уровень – разработка таких схем обустройства перекатных (или иных, требующих коренного улучшения) участков, при реализации которых сохранялся экологический баланс локальных экосистем.

Третий, низший – минимизация воздействия на каждый конкретный «локус» реки, на микробиотопы, важные в экологическом плане зоны (зимовальные ямы, места нагула молоди, ареалы редких видов гидробионтов и т.д.).

Исходя из этих задач определяется иерархия конструируемых ИНС:

- ИНС, предназначенная для решения гидроэкологических проблем всей реки;
- ИНС, предназначенная для решения задач обустройства участка;
- ИНС, предназначенная для оценки воздействия на микробиотопы («локусы»).

Сети более высокого иерархического порядка могут складываться из сетей низших порядков и при этом усложняться. Рост и усложнение могут идти по следующим направлениям:

- увеличение числа критериев (факторов), используемых в качестве входных сигналов;
- увеличение числа скрытых слоев;
- появление обратной связи.

Очевидно, что разработка архитектуры ИНС должна начинаться от простого к сложному. В первую очередь необходимо определить принцип работы сети для одной ячейки. Пусть «элементарная задача» будет обозначена как  $E$ . Тогда складывающаяся из элементарных экологических задач состояние в ячейке ( $E_{общее}$ ) может быть выражено как:

$$E_{общее} = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$$

При использовании многослойного персептрона, первым слоем будут факторы в ячейке, скрытые слои – условия («приемлемость» комбинаций факторов), последний – решающий («да» или «нет», приемлем ли экологическое воздействие на данную ячейку или нет).

Однако, в таком случае сложно определить критерии для установления количества скрытых слоев. Если их количество определить равным  $n$ , то оно будет излишне большим. Вполне можно группировать ячейки по видам факторов: гидрологические, гидробиологические и т.д., тогда количество скрытых слоев будет равняться количеству групп факторов и ИНС будет таковой

Результат, получаемый на решающих нейронах первичного звена (в каждой ячейке), будет служить входным сигналом для сети, дающей результат по всему перекатному участку: так формируется сеть второго уровня. Сеть второго уровня позволяет оценивать воздействие

проектов прорезей и подбирать их оптимальную конфигурацию. Способ получения такой конфигурации – формирование образа с наименьшими отличиями от исходного.

Количество скрытых слоев в ИНС в данном случае равно количеству групп факторов в ячейке плюс еще 1 слой, т.е. результаты для каждой одиночной ячейки будут служить входными сигналами и сама сеть будет представлять собой однослойный перцептрон.

Полученный алгоритм схож с алгоритмом распознавания образов, т.е. ИНС отличает “безопасный” образ гидроэкологической ситуации на участке реки от “опасного”, т.е. с нежелательными изменениями. Обучение сети в данном случае производится по схемам перекатов с наименьшим воздействием.

Если же работы на одном участке оказывают влияние на соседний, то структура сети может охватывать более протяженный отрезок реки. Тогда количество скрытых слоев будет определяться как:  $N_{\text{слоев}} = N \text{ групп факторов} + 1 \text{ слой "распознавания образа"} + 1 \text{ слой участков}$

То есть количество скрытых слоев в сети будет равно количеству групп факторов плюс слой участков плюс еще один слой, отвечающий за “распознавание правильного образа”

В случае, если ситуация, складывающаяся на одном участке, влияет на другой (выше или ниже лежащий по течению), тогда в структуре ИНС появляются обратные связи (схема на рисунке 1).

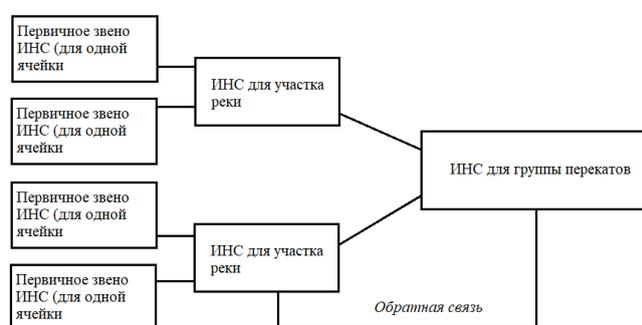


Рисунок 1 – Схема ИНС с обратными связями

Если ИНС, работающая на вышеописанных принципах, используется и для моделирования и прогнозирования гидродинамических и русловых процессов и для автоматизации проектирования дноуглубительных прорезей, берегоукрепительных и русловыправительных сооружений она превращается в полноценный искусственный интеллект. Для создания такой ИНС с расширенным списком задач, прежде всего (так же как и при формировании ИНС для конкретной задачи), требуется определить для каждой задачи все факторы, которые будут влиять и на процесс принятия решения и на само проектирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бучельников М.А., Сидорова М.Ю., Спиренкова О.В., Никулина М.Е. Использование искусственных нейронных сетей для распознавания русловых форм / Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. Т. 4. С. 148-151.
2. Бик Ю.И., Бучельников М.А., Бобыльская В.А. Применение искусственных нейронных сетей для оценки воздействия дноуглубительных работ на речные экосистемы Материалы II Международного научно-промышленного форума Транспорт. Горизонты развития 7 – 10 июня 2022 г., Нижний Новгород, (2) 2022 г. - С. 1- 4.
3. Бучельников М.А., Седых В.А., Кофеева В.Н. К вопросу о применении искусственных нейронных сетей для повышения эффективности проектирования дноуглубительных работ V Всероссийская научная конференция с международным участием «Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях», Москва, МГУ 3-6 сентября 2019 г. с.127-128.
4. Земцов, В.А., Шевчук, К.Р. Применение нейронных сетей для прогнозирования среднесуточных уровней воды в реках (на примере рек Обь и Томь) / В сборнике: Современные проблемы географии и геологии к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 368-370.
5. Земцов В.А., Вершиинин Д.А., Инишев Н.Г.

REFERENCES

1. Buchelnikov M.A., Sidorova M.Yu., Spirenkova O.V., Nikulina M.E. The use of artificial neural networks for recognizing riverbed forms / Interexpo Geo-Siberia. 2022. Vol. 4. pp. 148-151.
2. Bik Yu.I., Buchelnikov M.A., Bobylskaya V.A. The use of artificial neural networks to assess the impact of dredging on river ecosystems Materials of the II International Scientific and Industrial Forum Transport. Development Horizons June 7-10, 2022, Nizhny Novgorod, (2) 2022 - pp. 1-4.
3. Buchelnikov M.A., Sedykh V.A., Kofeeva V.N. On the use of artificial neural networks to improve the efficiency of dredging design V All-Russian Scientific Conference with international participation "Patterns of manifestation of erosion and riverbed processes in various natural conditions", Moscow, MSU 3-6 September 2019 pp.127-128.
4. Zemtsov, V.A., Shevchuk, K.R. Application of neural networks to predict average daily water levels in rivers (using the example of the Ob and Tom rivers) / In the collection: Modern problems of geography and geology for the 100th anniversary of the opening of the Natural Sciences Department at Tomsk State University: proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. 2017. pp. 368-370.
5. Zemtsov V.A., Vershiinin D.A., Inishev N.G. Identification of patterns of sediment movement based on a planned hydrodynamic model of the channel and flow in the SMS medium / In the collection: Modern problems of erosion, riverbed and estuarine

Выявление закономерностей движения наносов на основе плановой гидродинамической модели русла и потока в среде SMS / В сборнике: Современные проблемы эрозийных, русловых и устьевых процессов материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и XXXI пленарного межвузовского координационного совещания. 2016. С. 107-109.

6. Земцов В.А., Вершинин Д.А., Инишев Н.Г. Компьютерное моделирование участков крупных равнинных рек для расчет и прогноза полей скорости, стока наносов и русловых деформаций / Земцов В.А., В книге: Двадцать седьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозийных, русловых и устьевых процессов доклады и краткие сообщения. Межвузовский научно-координационный совет по проблеме эрозийных, русловых и устьевых процессов при МГУ. 2012. С. 117-118.

7. Song C. M. Data construction methodology for convolution neural network based daily runoff prediction and assessment of its applicability Journal of Hydrology Volume 605, February 2022, 127324 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127324>.

8. Valeh S., Motamedvairi B., Kiadaliri H., Ahmadi H. Hydrological simulation of Ammameh basin by artificial neural network and SWAT models Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C Volume 123, October 2021, 103014.

9. Zhang J., Chen X., Khan A., Zhang Y. and etc. Daily runoff forecasting by deep recursive neural network / Journal of Hydrology Volume 596, May 2021, 126067 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126067>

10. Zounemat-Kermani M., Matta E., Cominola A., Xia X. Neurocomputing in surface water hydrology and hydraulics: A review of two decades retrospective, current status and future prospects / Journal of Hydrology Volume 588, September 2020, 125085

11. Zounemat-Kermani M., Batelaan O., Fadaee M., Hinkelmann R. Ensemble machine learning paradigms in hydrology: a review / Journal of Hydrology Volume 598, July 2021, 126266 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126266>

processes materials of the All-Russian Scientific conference with international participation and the XXXI plenary interuniversity coordination meeting. 2016. pp. 107-109.

6. Zemtsov V.A., Vershinin D.A., Inishev N.G. Computer modeling of sections of large flat rivers for calculation and prediction of velocity fields, sediment runoff and channel deformations / Zemtsov V.A., In the book: The twenty-seventh plenary interuniversity coordination meeting on the problem of erosion, channel and estuarine processes reports and brief reports. Interuniversity Scientific Coordination Council on the problem of erosion, riverbed and estuarine processes at Moscow State University. 2012. pp. 117-118.

7. Song C. M. Data construction methodology for convolution neural network based daily runoff prediction and assessment of its applicability Journal of Hydrology Volume 605, February 2022, 127324 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127324>.

8. Valeh S., Motamedvairi B., Kiadaliri H., Ahmadi H. Hydrological simulation of Ammameh basin by artificial neural network and SWAT models Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C Volume 123, October 2021, 103014.

9. Zhang J., Chen X., Khan A., Zhang Y. and etc. Daily runoff forecasting by deep recursive neural network / Journal of Hydrology Volume 596, May 2021, 126067 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126067>

10. Zounemat-Kermani M., Matta E., Cominola A., Xia X. Neurocomputing in surface water hydrology and hydraulics: A review of two decades retrospective, current status and future prospects / Journal of Hydrology Volume 588, September 2020, 125085

11. Zounemat-Kermani M., Batelaan O., Fadaee M., Hinkelmann R. Ensemble machine learning paradigms in hydrology: a review / Journal of Hydrology Volume 598, July 2021, 126266 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126266>

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Искусственные нейронные сети, искусственный интеллект, гидроэкология, водный транспорт.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Бучельников Михаил Александрович, кандидат биологических наук, доцент кафедры Строительного производства, конструкций и охраны водных ресурсов ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Кофеева Вера Николаевна, старший преподаватель кафедры Строительного производства, конструкций и охраны водных ресурсов ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ СО СРЕДСТВАМИ МЕХАНИЗАЦИИ ОКРАСОЧНЫХ РАБОТ НА СУДАХ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**М.Г. Мензилова, О.Ю. Лебедев, О.В. Рослякова**

### SAFETY WHEN WORKING WITH MEANS OF MECHANIZATION FOR PAINTING WORK ON SHIPS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**M.G. Menzilova** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department of Ship Theory, Shipbuilding and Materials Technology of SSUWT)

**O.Y. Lebedev** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof., Head of the Department of Ship Theory, Shipbuilding and Materials Technology of SSUWT)

**O.V. Roslyakova** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department of Technosphere Safety of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article describes the means of mechanization of painting work. The features of pneumatic and airless methods of applying paint and varnish coatings are considered, taking into account the safety requirements of the paint and varnish work performed. Based on the study, the mandatory use of personal protective equipment is justified, taking into account the specifics of production in order to preserve the health of workers in paint shops of shipbuilding and ship repair plants.

**Keywords:** Safety precautions for painting work, means of mechanization of painting work, personal protective equipment, laboratory tests, paint and varnish material, paint and varnish coatings, ship painting, metal painting schemes.

В статье описываются средства механизации окрасочных работ. Рассмотрены особенности пневматического и безвоздушного методов нанесения лакокрасочных покрытий с учетом

требований техники безопасности производимых лакокрасочных работ. На основании проведенного исследования обосновывается обязательное применение средств индивидуальной защиты с учетом специфики производства с целью сохранения здоровья работников лакокрасочных цехов судостроительно-судоремонтных заводов.

Были произведены различные экспериментальные исследования ледостойких и противообрастающих лакокрасочных покрытий (ЛКП) [1, 2], на образцах из листовой стали толщиной 3 мм, квадратной формы 100x100 мм, очищенные в дробеметной камере.

Окрашивание пластин производилось шестью различными лакокрасочными системами покрытий, тремя различными способами – шесть пластин окрашены ручным способом, шесть – пневматическим и шесть – безвоздушным способом, с соблюдением всех технологических требований (рисунки 1, 2 и 3).

На экспериментальные пластины были нанесены следующие лакокрасочные материалы.

1. Однослойное ледостойкое противокоррозионное лакокрасочное покрытие системы Akrus (страна изготовитель - Россия) - Akrus Strong – 500 мкм.

2. Однослойное ледостойкое противокоррозионное лакокрасочное покрытие системы International (страна изготовитель - Великобритания) – Intershield 163 (Inerta 160) – 500 мкм.

3. Трехслойное покрытие системы International (страна изготовитель – Великобритания):  
– первый слой – Intershield 163 (Inerta 160) – 500 мкм – противокоррозионное покрытие для судов ледового плавания;

– второй слой – Intergard 263 – 100 мкм – переходный слой между противокоррозионными и противообрастающими покрытиями, для обеспечения максимальной адгезии и эксплуатационных свойств системы;

– третий слой – Interswift 6800 HS – 100 мкм – противообрастающее покрытие.

4. Трехслойное лакокрасочное покрытие системы Jotun (страна изготовитель – Норвегия):

– первый слой – Marathon IQ2 – 500 мкм – грунтовочный слой;

– второй слой – Safeguard universal ES – 75 мкм – противокоррозионное покрытие для судов ледового плавания;

– третий слой – Antifouling seaforce 90 – 100 мкм – противообрастающее покрытие.

5. Пятислойное лакокрасочное покрытие системы КСС (страна изготовитель – Корея):

– первый слой – Korerox EH2352 – 160 мкм – антикоррозионное грунтовочное покрытие;

– второй слой – Korerox EH2352 – 160 мкм – антикоррозионное грунтовочное покрытие;

– третий слой – Korerox EH2560 – 100 мкм – противокоррозионное покрытие для судов ледового плавания;

– четвертый слой – EgisPacific – 100 мкм – противообрастающее покрытие;

– пятый слой – EgisPacific – 100 мкм – противообрастающее покрытие.

6. Трехслойное покрытие системы Akrus (страна изготовитель – Россия):

– первый слой – Akrus Strong – 400 мкм – противокоррозионное покрытие для судов ледового плавания;

– второй слой – Акрус-эпоцинк – 100 мкм – противокоррозионное покрытие;

– третий слой – Akrus-042M – 100 мкм – противообрастающее покрытие.

Механизированная окраска конструкций судов, в отличие от ручного способа, позволяет равномерно напылять на окрашиваемую поверхность лакокрасочные покрытия. Распыление краски средствами механизации окрасочных работ осуществлялась пневматическим и безвоздушным методом.

Окрашивание пневматическим распылением заключается в образовании окрасочного аэрозоля смешиванием жидкого лакокрасочного материала со сжатым воздухом в установках пневматического распыления, состоящих из красконагнетательного бака, масло-водоотделителя, шлангов подачи лакокрасочного материала и воздуха, краскораспылителя.

При данном способе краска наносится краскораспылителем, к которому подводятся краска и сжатый воздух. Краска захватывается из красконагнетательного бака воздушной струей под давлением 0,02–0,025 МПа, нагнетаемой компрессором, подается на краскораспылитель и распыляется, образуя факел красочного аэрозоля с углом раскрытия 60°. Образующийся при смешении краски со сжатым воздухом аэрозоль направляется струей воздуха

на окрашиваемую поверхность, капли аэрозоля сливаются друг с другом, образуя на поверхности жидкий слой краски.

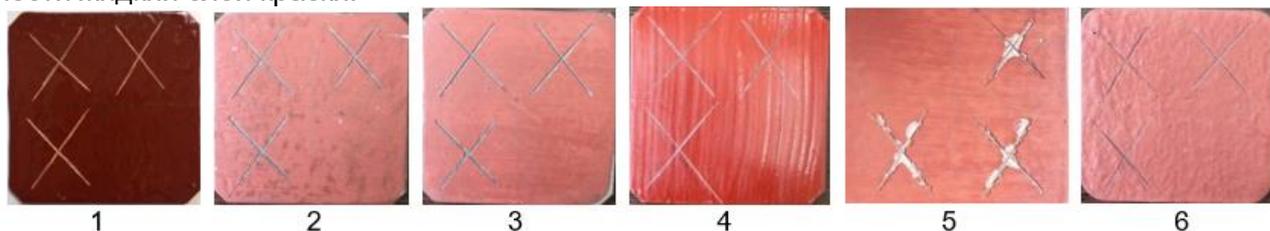


Рисунок 1 – Противокоррозионные и противообрастающие покрытия, окрашенные ручным способом

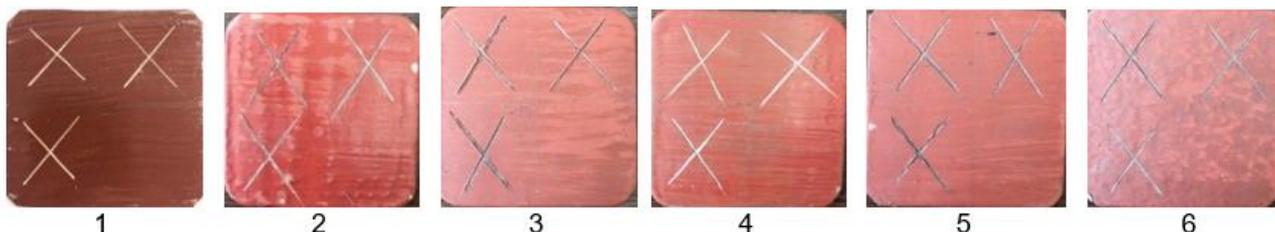


Рисунок 2 – Противокоррозионные и противообрастающие покрытия, окрашенные пневматическим способом

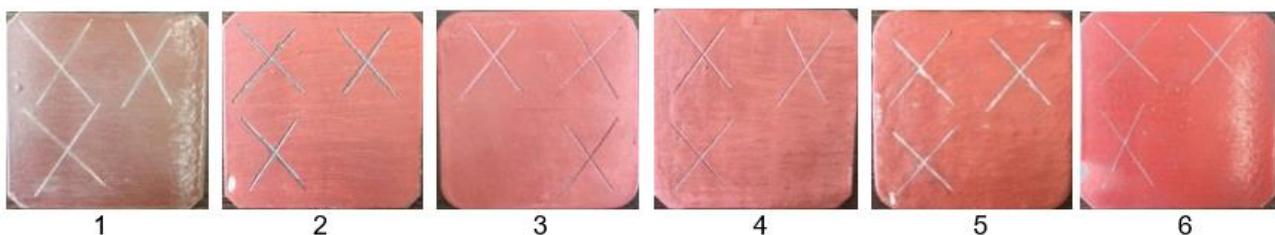


Рисунок 3 – Противокоррозионные и противообрастающие покрытия, окрашенные безвоздушным способом

Метод пневматического распыления является менее экономичным по расходу из-за значительного количества, загрязненного лакокрасочным материалом аэрозолем воздуха, который образуется при его распылении. Потери краски при нанесении пневматическим распылением в зависимости от сложности окрашиваемого изделия могут составлять 20–40% – это учитывается при расчете потребности в лакокрасочном материале.

В последнее десятилетие при пневматическом напылении все большее распространение стали получать методы пневматического распыления, обеспечивающие низкое туманообразование при нанесении лакокрасочных материалов. Это связано с ужесточением законодательства по защите окружающей среды и совершенствованием конструкций распылителей низкого давления. Из-за большого расхода и потерь лакокрасочного материала, высокой токсичности среды и повышенной пожарной опасности процесса из-за образования горючих смесей паров растворителей с воздухом метод пневматического распыления в судостроении имеет ограниченное применение.

Окрашивание безвоздушным распылением основано на дроблении лакокрасочного материала при выходе его из сопла с большой скоростью за счет перепада давления и осаждении распыленных частиц материала на окрашиваемой поверхности. По сравнению с пневматическим распылением метод безвоздушного распыления позволяет:

- снизить удельный расход лакокрасочного материала на 20–30% за счет уменьшения потерь на туманообразование;
- уменьшить расход растворителей на 15–25%, так как можно распылять более вязкими лакокрасочными материалами;
- увеличить производительность труда в 1,5–2 раза в связи с возможностью нанесения меньшего количества слоев покрытия;
- улучшить санитарно-гигиенические условия труда, так как уменьшается загрязнение окружающего воздуха вредными веществами.

Особенностью технологии безвоздушного напыления является то, что дробление лакокрасочного материала происходит без участия сжатого воздуха, а за счет высокого гидравлического давления, оказываемого на лакокрасочный материал, и вытеснения последнего с большой скоростью через эллиптическое отверстие специального сопла. Потенциальная энергия лакокрасочного материала при выходе его в атмосферу переходит в кинетическую, возникают завихрения, приводящие к пульсации струи, развитию колебаний и деформации поверхности струи. Деформация усиливается благодаря гидродинамическому воздействию окружающего воздуха и приводит к образованию облака аэрозоля, размер капель которого колеблется в широком диапазоне. Обладая кинетической энергией, капли лакокрасочного материала движутся к окрашиваемой поверхности, преодолевая сопротивление воздуха, диспергируются постепенно, затем тормозятся и мягко «настилаются» на поверхность.

При нанесении лакокрасочного материала безвоздушным распылением потери материала значительно меньше, чем в случае ручного способа и пневматического распыления. В отличие от факела, образующегося при работе пневматического краскораспылителя, при безвоздушном распылении факел распыленного лакокрасочного материала резко очерчен и почти не образует красочного тумана [3].

Все аппараты безвоздушного распыления конструктивно схожи: в них входит насос высокого давления, двигатель, редуктор, шланг, пистолет и сопло, а также система контроля давления. Двигатели аппаратов высокого давления могут быть электрическим, бензиновым или пневматическим. Выбор типа двигателя определяется условиями работы. Выпускаются также аппараты безвоздушного напыления с отдельной подачей компонентов (в России налажено производство передвижных окрасочных агрегатов высокого давления 2600НА, 7000НА).

В процессе выполнения окрасочных работ необходимо соблюдать требования «Об утверждении правил по охране труда при выполнении окрасочных работ», утвержденные Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации приказом от 2 декабря 2020 № 849н [4], Рекомендации Управления ГПН МЧС России от 20.12.2006 г. № 19/2/4886 «Работы окрасочные. Требования пожарной безопасности» [5], ГОСТ 12.3.002-2014 [6], ГОСТ 12.3.005-75 [7]. При организации и проведении очистных и окрасочных работ должны быть предусмотрены меры защиты работающих от следующих опасных и вредных факторов:

- повышенной запыленности и загазованности вредными веществами воздуха рабочей зоны при проведении абразивоструйной обработки и окраски конструкций;
- струй абразива и лакокрасочных материалов, бьющих под давлением;
- концентрации взрывоопасных и вредных веществ, выделяющихся при нанесении лакокрасочных материалов;
- выполнение работ на высоте.

Лакокрасочные материалы, применяемые при окрашивании конструкций судов, пожароопасны, токсичны. Пожароопасность и токсичность лакокрасочных материалов обусловлены свойствами растворителей, входящих в их состав или применяемых для их растворения. Пары растворителей оказывают раздражающее действие на слизистую оболочку глаз, дыхательные пути, центральную нервную систему.

Не допускается применение лакокрасочных материалов и растворителей неизвестного состава, а также не имеющих санитарно-гигиенических характеристик и данных о взрывопожароопасности. Хранение лакокрасочных материалов и легко воспламеняемых жидкостей производится в малярных кладовых, оборудованных вытяжкой вентиляцией и освещением во взрывобезопасном исполнении. Хранение лакокрасочных материалов и обезжиривающих составов в цехе у рабочих мест допускается только в готовом виде, в плотно закрытой таре, в количестве, не превышающем полусменную потребность. Образующиеся отходы должны удаляться за пределы рабочей зоны по окончании рабочей смены.

Работы по технологическим указаниям, включая время высыхания лакокрасочных покрытий, должны производиться с применением средств индивидуальной защиты органов дыхания. Рабочие и инженерно-технические работники допускаются к работе только после обучения, инструктажа и проверки квалификационной комиссией их знания требований безопасности труда и пожарной безопасности. Каждый рабочий должен знать и соблюдать:

- требования по технике безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности;
- правила личной гигиены;
- правила пользования средствами пожаротушения;

- правила пользования средствами индивидуальной защиты;
- правила оказания первой помощи;
- действие персонала при возникновении пожара.

Повторный инструктаж и контрольная проверка знаний должны проводиться не реже одного раза в квартал, для инженерно-технических работников – раз в полгода с соответствующей отметкой в журнале инструктажа. Рабочие, выполняющие очистные и окрасочные работы, должны обеспечиваться бесплатной спецодеждой, средствами индивидуальной защиты, личной гигиены и защитными приспособлениями в соответствии с типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи спецодежды и предохранительных средств. Для предохранения кожного покрова от растворителей, красок рабочие должны быть обеспечены резиновыми перчатками. Руки следует защищать кремами, пастами, мытье рук органическими растворителями запрещается.

Для предохранения органов дыхания от воздействия красочного аэрозоля и паров растворителей рабочие-маляры должны пользоваться респираторами. Выполнение очистных и окрасочных работ без спецодежды запрещается. Спецодежда должна храниться на производстве, в специально отведённом месте. Выносить спецодежду за пределы предприятия запрещается. При нанесении лакокрасочных материалов не допускается ношения одежды из синтетических материалов, шелка, способных электризоваться, а также колец, браслетов на которых аккумулируются заряды статического электричества.

Для защиты головы от ударов следует применять защитные каски. Для защиты рабочих от падения при работе на высоте применять предохранительные пояса со страхующим канатом. Работы по очистке и грунтованию должны производиться с применением лесов и других приспособлений, обеспечивающих качественное выполнение работ, разработанных в соответствии с требованиями стандартов охраны труда и техники безопасности.

При выполнении окрасочных работ должны соблюдаться правила пожарной безопасности, исключающие возможность возникновения пожара; зона проведения работ должна обеспечиваться необходимыми средствами пожаротушения из расчёта одна кошма на 100 м<sup>2</sup> площади, а также четыре пенных огнетушителя или один порошковый на 10 л, либо два порошковых на 5 л из расчёта на 200 м<sup>2</sup>.

При выполнении работ по техническим указаниям образуются не утилизируемые отходы в виде загрязненной ветоши, применяемой для очистки и обезжиривания поверхностей, полиэтиленовых мешочков, загрязненных лакокрасочных материалов, а также растворителей, загрязненных лакокрасочными материалами, используемых для промывки кистей и тары от остатков красок. Отходы относятся к 3 классу опасности. Загрязненные растворители затаривать в бидоны с крышкой из-под лакокрасочных материалов, а загрязненные ветошь и мешочки хранить в соответствии с требованиями технических условий.

Проведение пожароопасных работ на судне должно производиться только после оформления соответствующего наряда-допуска. Мастер малярных работ, получив задание на производство работ, обязан:

- проинструктировать рабочих по технике безопасности и противопожарной безопасности в зависимости от места работы и применяемых материалов, растворителей;
- проверить освещённость рабочего места, исправность проводов внешним осмотром, переносное освещение должно быть во взрывобезопасном исполнении, напряжением не выше 12В;
- проверить наличие и состояние спецодежды и средств защиты органов дыхания;
- сделать заявку на приточно-вытяжную вентиляцию с отметкой в журнале заявок энергетика цеха;
- при работе в замкнутых и труднодоступных помещениях оформить наряд-допуск, выделить наблюдающего, проинструктировать о его обязанностях под подпись в журнале инструктажа, указать пост наблюдения, ознакомить с возможными опасностями и вредностями технологического процесса и мерами по их предупреждению, проинструктировать о способах оказания помощи при несчастных случаях и эвакуации рабочих из труднодоступных и замкнутых помещений в случае опасности для работающих. Администрация обязана обеспечить организацию и проведение производственного контроля над соблюдением санитарных правил и требований безопасности, применению средств индивидуальной защиты.

Правилами по охране труда при выполнении окрасочных работ, утвержденными приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 2 декабря 2020 г. № 849н [4] установлено,

что окрасочные работы, выполняемые в замкнутых объемах, в ограниченных пространствах относятся к работам с повышенной опасностью, выполняемыми с оформлением наряда-допуска. Этим же приказом определено применение средств индивидуальной защиты (СИЗ) на покрасочном производстве, в соответствии с которым работодатель обязан обеспечить работников СИЗ, имеющие сертификат качества. Выбор средств коллективной защиты работников производится с учетом требований безопасности для конкретных видов работ. Все элементы СИЗ должны отвечать определенным требованиям и полноценно обеспечивать свои функции. Трудовой кодекс РФ регламентирует процесс выдачи и учета СИЗ на производстве после всесторонней оценки условий труда. Руководитель организации при этом является ответственным лицом за выдачу защитных средств и издание распорядительной документации в виде приказов и локальных актов.

Все виды защитной экипировки на малярном производстве можно разделить на три условные категории:

- средства защиты глаз и органов дыхания;
- защитный комбинезон;
- специальные перчатки и обувь.

Средствами защиты глаз служат специальные очки, защищающие глаза от контакта слизистой оболочки глаз с раздражающими веществами. Оправа очков должна обеспечить плотное прилегание к голове на всех участках. Ударопрочное стекло очков должно обеспечивать защиту от попадания в глаза капель лакокрасочного материала, особенно при его распылении. Очки должны иметь вентиляционные отверстия и широкий угол обзора.

Защиту органов дыхания обеспечивается с помощью угольной маски, полумаски или респиратора. Угольная маска с фильтром обеспечивает краткосрочную защиту работника. Для длительных операций окрашивания применяется респиратор, который имеет значительные преимущества перед маской, так как обеспечивает более плотное прилегание к лицу, а большой объем угольного фильтра позволяет длительное его использование.

Комбинезоны, как средства индивидуальной защиты, подразделяют на одноразовые и многоразовые. Одноразовые комбинезоны используются при окрашивании не занимающими много времени. Многоразовые комбинезоны применяют для ежедневной покраски.

Перчатки, устойчивые к воздействию краски и растворителей, обычно из латекса или нитрила, применяют при окрашивании для защиты рук, как СИЗ. Выбор средств коллективной защиты работников производится с учетом устойчивой к краскам. Исключается использование обуви на резиновой подошве, поскольку она чувствительна к растворителям.

Безвоздушный способ нанесения лакокрасочных покрытий более экономичный и улучшает санитарно-гигиенические условия труда, так как уменьшается загрязнение окружающего воздуха вредными веществами. При проведении окрасочных работ необходимо пользоваться СИЗ - средства защиты глаз и органов дыхания; защитные комбинезоны; специальные перчатки и обувь. Обеспечение работников покрасочного производства качественными СИЗ способствует как их эффективной работе, так и сохранению здоровья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев О.Ю. Экспериментальные исследования воздействия низких температур на ледостойкие и противобрастающие покрытия / О.Ю. Лебедев, М.Г. Мензилова, А.В. Филь, С.В. Степанов // Эксплуатация морского транспорта. – 2023. №2. с.181-187.
2. Мензилова М.Г. Влияние ультрафиолетового излучения на стойкость лакокрасочных покрытий судов ледового плавания / М.Г. Мензилова, О.Ю. Лебедев, С.В. Степанов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. Научный журнал. Новосибирск - 2023. - №4. - с. 5-11.
3. Мензилова М.Г. Защитные покрытия и окрашивание судов. Часть 2 «Окрашивание судов» / М.Г. Мензилова, О.Ю. Лебедев, В.И. Кузьмин // Учебное пособие / Сибирский государственный университет водного транспорта (СГУВТ). - Новосибирск, 2022. – 90 с.
4. Приказ Минтруда РФ «Об утверждении правил по охране труда при выполнении окрасочных работ», утвержденный Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации приказом от 2 декабря 2020 № 849н.
5. Рекомендации Управления ГПН МЧС России от 20.12.2006 г. № 19/2/4886 «Работы окрасочные. Требования пожарной безопасности. Рекомендации».

REFERENCES

1. Lebedev O.Yu. Experimental studies of the effects of low temperatures on ice-resistant and anti-fouling coatings / O.Yu. Lebedev, M.G. Menzilova, A.V. Fil, S.V. Stepanov // Operation of marine transport. – 2023. No. 2. pp.181-187.
2. Menzilova M.G. The influence of ultraviolet radiation on the durability of paint and varnish coatings on ice-going ships / M.G. Menzilova, O.Yu. Lebedev, S.V. Stepanov // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. Science Magazine. Novosibirsk - 2023. - No. 4. - с. 5-11.
3. Menzilova M.G. Protective coatings and painting of ships. Part 2 "Painting ships" / M.G. Menzilova, O.Yu. Lebedev, V.I. Kuzmin // Textbook / Siberian State University of Water Transport (SGUVT). - Novosibirsk, 2022. – 90 p.
4. Order of the Ministry of Labor of the Russian Federation "On approval of labor protection rules when performing painting work", approved by the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation by order No. 849n dated December 2, 2020.
5. Recommendations of the State Fire Department of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated December 20, 2006 No. 19/2/4886 "Painting works. Fire safety requirements. Recommendations".

6. ГОСТ 12.3.002-2014. Процессы производственные. Общие требования безопасности.: нац. стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 23 сентября 2014 г. N 1368-ст: введен впервые: дата введения 2016-07-01. // Кодекс: электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL <https://docs.cntd.ru/document/1200124407>.

7. ГОСТ 12.3.005-75. Работы окрасочные. Общие требования безопасности.: разработан и внесен Министерством химической промышленности СССР: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 19.08.75 г. N 2185: введен впервые: дата введения 1976-07-01. // Кодекс: электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL <https://docs.cntd.ru/document/1200007331>

6. GOST 12.3.002-2014. Production processes. General safety requirements: national. standard of the Russian Federation: approved and put into effect by order of the Federal Federation. technical agencies Regulation and Metrology dated September 23, 2014 N 1368-st: introduced for the first time: date of introduction 2016-07-01. // Code: electron. fund legal and normative-technical. information URL <https://docs.cntd.ru/document/1200124407>.

7. GOST 12.3.005-75. Painting works. General safety requirements: developed and introduced by the Ministry of Chemical Industry of the USSR: approved and put into effect by Resolution of the State Committee of Standards of the Council of Ministers of the USSR dated 08.19.75 N 2185: introduced for the first time: date of introduction 1976-07-01. // Code: electron. fund legal and normative-technical. information URL <https://docs.cntd.ru/document/1200007331>.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Техника безопасности окрасочных работ, средства механизации окрасочных работ, средства индивидуальной защиты, лабораторные испытания, лакокрасочный материал, лакокрасочные покрытия, покраска судов, схемы окраски металла.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Мензилова Марина Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теории корабля, судостроения и технологии материалов» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Лебедев Олег Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедры «Теории корабля, судостроения и технологии материалов» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Рослякова Оксана Вячеславовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферной безопасности» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **ЭКОСИСТЕМНЫЕ ФУНКЦИИ БОЛОТ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**О.В. Дружинина**

**ECOSYSTEM FUNCTIONS OF SWAMPS OF THE NOVOSIBIRSK REGION**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**O.V. Druzhinina** (Postgraduate student of SSUWT)

**ABSTRACT:** Urbanization of the territory of Siberia remains higher than in Russia in general. The development of the territory of the Novosibirsk region is very dense. To maintain the pace of urbanization, old swamps are drained, infrastructure facilities are built, while changing the topography of the territory, and lakes gradually turn into new swamps. At the same time, the network of existing wetlands in the Novosibirsk region has been practically unstudied.

**Keywords:** Ecology, environmental pollution, swamps, hydrology, water quality, pollution of flooded quarries, anthropogenic impact, swamping of territories.

Урбанизация территории Сибири сохраняется выше, чем в общем по России. Застройка территории Новосибирской области очень плотная. Для сохранения темпов урбанизации старые болота осушают, строят инфраструктурные объекты при этом изменяя рельеф территории, постепенно озера превращаются в новые болота. При этом сеть существующих болот Новосибирской области практически не изучены.

Болота представляют одну из частей в водной системе Новосибирской области. Обычно они занимают среднее положение между озерами и подземными водами. При этом они имеют огромное значение в образовании гидрологических особенностей территории, произрастанию растительности, для которой обильное наличие влаги является необходимым для жизни. А о различных видах животного мира, обитающих на болотах, можно говорить часами.

Всего болота занимают около 20% Новосибирской области. Конечно, большую часть из этого занимают знаменитые Васюганские болота. Они уникальны по площади, запасу чистой воды и являются огромными «легкими» планеты, ведь они предохраняют от перегрева, поглощают и накапливают в торфе углерод, позволяют уменьшить парниковый эффект.

Практически в каждом районе Новосибирской области есть болота богатые природными ресурсами (рисунок 2). Суммарная площадь водоемов болот в апреле 2022 г (таблица 1).

Торфяная залежь – низинного типа, со средней мощностью 3,2 м при максимуме до 6 м. Характерное среднее значение болот Новосибирской области: зольности торфа 28,7 %, степени разложения – 34 %; влажности – 83,7 %; pH – от 5,5 до 7,3. Средние значения северного участка составляют: степень разложения торфа – 34 %; зольность – 28,7 %.

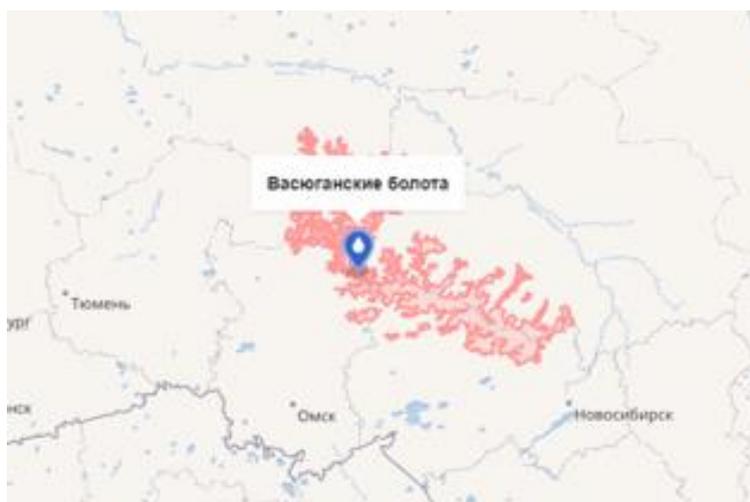


Рисунок 1 – Васюганские болота

Таблица 1 – Сравнительная характеристика болот по площади и глубине в Новосибирской области

№ п/п	Сельсовет	Суммарная площадь водоемов (тыс.м <sup>2</sup> )	Средняя максимальная глубина (м)
1	Барышевский	44116,46	5,97
2	Березовский	38351,05	3,12
3	Боровской	258243,5	5,01
4	Верз-Тулинский	48689,25	2,35



Рисунок 2 – Болота Новосибирской области

Однако, для локальной местности, заболачивание мелких озер может приносить и отрицательный эффект.

Заболачивание – частая проблема, и касается она и небольших и крупных водоемов. В качестве главных признаков можно выделить неприятный запах и помутнение воды. Заболачивание приводит к разрастающимся на поверхности растениям, которые препятствуют проникновению внутрь солнечного света. Как итог, гибель рыбы и других обитателей озер.

Условиями для заболачивания можно назвать:

- влажный климат, когда испарение не превышает осадки;
- пониженный или плоскоравнинный рельеф;
- водоупорные породы поблизости от поверхности земли, высокие грунтовые воды и повышенная активность биогенных процессов.

Конечно, болота являются своеобразными «санитарами» для агро- и экосистем, после воздействия антропогенного фактора. Ведь попадающая в них вода, в которой могут быть удобрения, пестициды, продукты нефтепереработки, навозные стоки почти полностью очищаются и обеззараживаются.

Но превращение красивого озера в болото, процесс малоприятный для живущих рядом жителей. При бурном развитии водорослей в воде наблюдается «цветение». В процессе гниения отмирающих растений кислород, растворенный в воде, излишне расходуется. Отмершие водоросли всплывают и способствуют образованию сплошного покрова на поверхности воды, который препятствует газообмену толщи воды с атмосферой.

Процесс перехода озера в болото называется «старением» (рисунок 1, 2). Он может длиться очень долго, но иногда ускоряется. Например, при развитии высшей водной растительности, большого влияния антропогенного фактора, биогенных веществ с водосбора, особенности проточности и климата.

Чаще всего можно наблюдать, когда на мелководном озере заросли растительности проникают в водоем все дальше с берегов. К этому приводят различные по длительности периоды вегетации и отмирания. Органическое вещество на дне водоема постепенно накапливается, от берегов макрофиты все дальше и дальше распространяются в водоем.

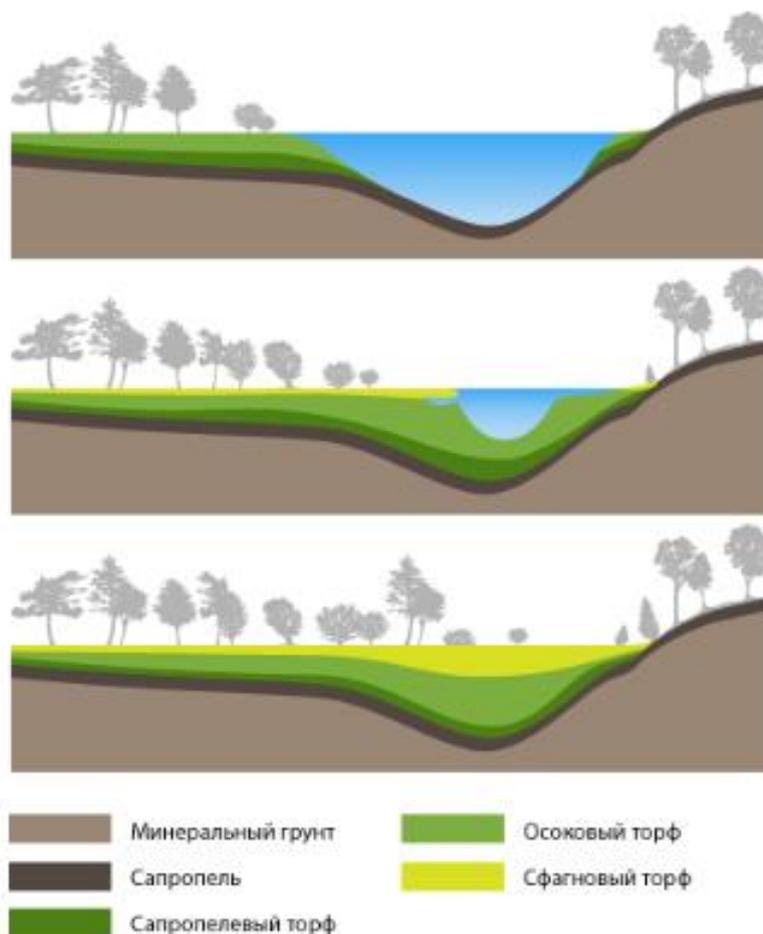


Рисунок 3 – Зарастание озера с берегов

В обратном случае зарастание озера идет от центра к берегам у глубоких озер. Сплавина, отмершие и частично живые растения, постепенно утолщается, образуя плавучие острова с основой из растений с длинными корнями. Постепенно заполняя озеро, сплавина увеличивается в мощности и может превратить весь водоем в зыбучее болото.

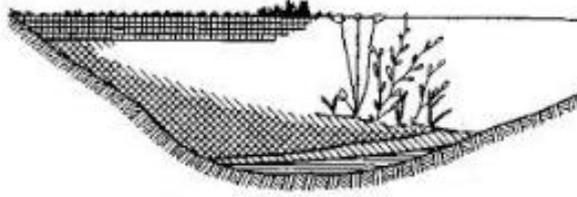


Рисунок 4 – Заращение озера путем образования сплавнины

Рассмотрим несколько стадий заболачивания озера.

1. Из-за уменьшения уровня кислорода в озере начинает усиленно размножаться планктон. Уровень кислорода падает из-за слабого поступления свежей воды, повышенной концентрации железа и слишком большого объема органики (опавшая листва и т.п.).
2. Экосистема преобразуется и происходит повышение количества ряски. Резко повышается численность земноводных и других организмов.
3. Происходит заиливание дна, илстые наросты способствуют загрязнению водоема.
4. И, наконец, происходит обмеление и высыхание водоема. В это время уже вся береговая линия покрыта растительностью.



Рисунок 5 – Заболачивание небольшого озера в Новосибирской области



Рисунок 6 – Засорение берега озера в Новосибирской области

Заболачивание озера является серьезной проблемой, но ее можно предупредить. Соблюдая некоторые рекомендации, можно обезопасить озеро от заболачивания.

Для начала стоит удалить лишнюю растительность на берегу. Опавшая листва очень способствует заболачиванию.

И особенно важно регулярно проводить уборку берегов озера от мусора, антропогенного загрязнения, органики.

В особо запущенном случае возможно применение специальной техники, земснаряда (плавающего экскаватора-амфибии). Очистка озера и дноуглубительные работы помогут спасти озеро.

Учет и оценка состояния озер Новосибирской области поможет вовремя заметить ухудшение состояния водной глади. Процесс заболачивания сильно растянут по времени и есть очень большая вероятность, что при должном уходе, получится вернуть озеру первоначальный вид.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Л. П. Гашкова/ Накопление тяжелых металлов растениями торфяных месторождений. // - С .145-147;
2. Жарников В. Б. Рациональное использование земель как задача геоинформационного пространственного анализа // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 77–82.
3. Оценка площади болотных и заболоченных лесов России / С. Э. Вомперский, А. А. Сирин, А. А. Сальников [и др.] // Лесоведение. – 2011. – № 5. – С. 3-11. – EDN OFUYLZ.

REFERENCES

1. L. P. Gashkova/ Accumulation of heavy metals by plants of peat deposits. // - From .145-147;
2. Zharnikov V. B. Rational use of land as a task of geoinformation spatial analysis // Bulletin of the SGGGA. – 2013. – Issue 3 (23). – pp. 77-82.
3. Assessment of the area of swampy and swampy forests of Russia / S. E. Vompersky, A. A. Sirin, A. A. Salnikov [et al.] // Forestry. - 2011. – No. 5. – pp. 3-11. – EDN OFUYLZ.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Экология, экологические загрязнения, болота, гидрология, качество воды, загрязнение обводненных карьеров, антропогенное воздействие, заболачивание территорий.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:  
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*Дружинина Ольга Владимировна, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ» 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОРТОВ И ПРИЧАЛОВ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**И.И. Бочкарева, Д.В. Быков**

**ENSURING THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF PORTS AND BERTHS**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**I.I. Bochkareva** (Ph.D. of Biological Sciences, Assoc. Prof., Assoc. Prof. of the Department Technosphere Safety of SSUWT)

**D.V. Bykov** (Senior Lecturer of the Department Technosphere Safety of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article shows modern environmental requirements for objects with a negative impact on the environment, depending on the category of the object, including such objects as berths and ports. They may belong to objects of 2 or 4 categories of objects of negative impact on the environment and 1 or 5 classes of sanitary hazard. The work presents the main documents on environmental safety, which enterprises are required to develop and also support with environmental activities.

**Keywords:** Ports, berths, environmental requirements, category of the object of negative impact on the environment.

В статье показаны современные экологические требования к объектам негативного воздействия на окружающую среду, в зависимости от категории объекта, включая такие объекты как причалы и порты. Они могут относиться к объектам 2 или 4 категории объектов негативного воздействия на окружающую среду и 1 или 5 классу санитарной опасности. В работе приведены основные документы по экологической безопасности, которые обязаны разработать, а также поддерживать природоохранной деятельностью предприятия.

Традиционно считается, что основными загрязнителями окружающей среды (ОС) на водном транспорте являются суда. Действительно, акватории портов и береговая линия часто оказываются загрязнены, особенно нефтепродуктами. Кроме того, в воде могут быть повышены иные показатели, например железо, фенолы, взвешенные вещества. Твердые отходы, попадая в воду, опускаются на дно и ухудшают его состояние.

Одним из первых «экологических» документов, отражающих эту проблему, явилась Международная конвенция по предотвращению загрязнения моря нефтью 1954 года, вступившая

в силу в 1958 году. Ее сменила Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененная Протоколом 1978 года, или МАРПОЛ 73/78 [1], которая включала уже правила по минимизации негативного воздействия сточными водами, вредными веществами, отходами, а также защите атмосферы. В дальнейшем многие предложения МАРПОЛ были использованы при разработке природоохранных документов для внутренних водных путей. На сегодняшний день обязательные мероприятия по охране окружающей среды на водном транспорте достаточно подробно проработаны и внедрены в деятельность.

Тем не менее, водный транспорт – это не только суда, но и сложный береговой комплекс, включающий в себя гидротехнические сооружения, судоремонтные заводы и базы, транспортные сухопутные пути и многое другое. Все объекты капитального строительства, особенно связанные с производственными процессами, являются источниками негативного воздействия на окружающую среду (НВОС). Под объектом НВОС понимается объект капитального строительства и (или) другой объект, а также их совокупность, объединенные единым назначением и (или) неразрывно связанные физически или технологически и расположенные в пределах одного или нескольких земельных участков [2].

К объектам НВОС относятся ремонтно-эксплуатационные базы, цеха, гаражи, подсобные помещения, стоянки и проезды сухопутного транспорта, административные корпуса и прочие. На территории портов располагается большое количество складов, часть грузов размещается под открытым небом, что способствует поступлению загрязнений в окружающую среду. Во время осуществления производственных или перегрузочных работ происходит эмиссия аэрозолей, газов в атмосферу, потери части грузов (рассыпание, измельчение) и, в итоге, попадание их на почвы или в воду. Атмосферные осадки, стекая в водный объект с территории портов и промплощадок, увлекают с собой в растворенном или плавающем виде пыль, масла, нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы и просто мусор.

Кроме вышеперечисленных загрязнений, увеличивается параметрическое воздействие на окружающую среду. Это могут быть неионизирующие излучения, а также шум, вызванный проведением работ. Уровень акустического воздействия зачастую превышает нормативно-допустимый.

Согласно изменениям федерального законодательства, с 2015 года в природоохранную практику вошло такое понятие, как категория объектов негативного воздействия на окружающую среду. Объекты в зависимости от уровня негативного воздействия на окружающую среду подразделяются на 4 категории, наиболее значимая из которых первая. Все объекты, осуществляющие хозяйственную и (или) иную деятельность, должны быть отнесены к определенной категории [3]. При установлении категории НВОС учитываются виды и уровни воздействия хозяйственной и (или) иной деятельности объекта, класс опасности образующихся отходов и опасные свойства веществ, содержащихся в выбросах и сбросах, классификация объекта в системе промышленной безопасности и еще некоторые факторы.

Все предприятия должны иметь свидетельство о постановке на учет как объекта НВОС соответствующей категории. Ответственным за ведение реестра объектов НВОС является Росприроднадзор, а иницирует процесс постановки на учет само предприятие. Свидетельство о постановке на учет является одним из основополагающих экологических документов объекта НВОС.

С 2019 г. Федеральным законом № 7-ФЗ установлены различные требования к нормативной, разрешительной, отчетной и иной документации, внесению платы за негативное воздействие на окружающую среду, а также осуществлению производственного экологического контроля (ПЭК) в зависимости от категории объекта НВОС.

Нормативная документация представляет собой обязательные для исполнения нормативы при осуществлении конкретной хозяйственной деятельности, не приводящие к ухудшению состояния окружающей среды в зоне влияния предприятия. Нормативные документы разрабатываются для каждого источника выброса или сброса, источника физического воздействия на ОС, количества образующихся отходов с учетом федеральных норм и правил в области охраны окружающей среды. Нормативы рассчитываются на все вещества, находящиеся в выбросе или сбросе. Концентрации веществ в атмосфере на территории жилой зоны вокруг объекта НВОС не должны превышать установленные предельно-допустимые уровни (ПДК). При сбросе сточных вод в водный объект не должны быть превышены ПДК в контрольном створе (после разбавления сброса водами водоема).

Разработанные нормативы проходят экспертную проверку в соответствующих органах исполнительной власти и только при положительном результате объектом НВОС будут получены разрешения к ведению хозяйственной деятельности в пределах данных норм.

Кроме того, все изыскательные, инженерные, проектные, архитектурно-планировочные, строительно-монтажные работы должны проводиться только после получения соответствующих экологических разрешений.

Отчетная документация включает статистическую отчетность, согласно государственным требованиям, а также отчеты по выполнению контроля объектом НВОС природоохранной деятельности и соблюдения норм и требований в области охраны окружающей среды.

Под требования экологического законодательства подпадает деятельность портов и причалов, расположенных на внутренних водных путях Российской Федерации. Согласно Критериям, отдельно порты не выделены в объекты НВОС, но объекты инфраструктуры порта должны быть определены, как объекты НВОС определенной категории [4].

Согласно критериям [4], объекты инфраструктуры порта, расположенного на внутренних водных путях Российской Федерации (допускающим проход судов водоизмещением 1350 тонн и более) и объекты инфраструктуры морского порта, в зависимости от НВОС, относятся к объектам 2 или 4 категории НВОС.

Если объекты оказывают умеренное негативное воздействие на окружающую среду (2 категория), то они обязаны иметь декларацию о воздействии на ОС, к которой прилагаются расчет и разработка нормативно-допустимых сбросов, предельно-допустимых выбросов (при наличии), норматив образования отходов и лимиты на их размещение. При наличии физического воздействия на атмосферный воздух, необходимо получение разрешения. Должна быть разработана и оформлена программа производственного экологического контроля (ПЭК), данные которой являются расчетной базой для внесения платежей за НВОС. Объекты 2 категории НВОС обязаны предоставлять экологическую отчетность: результаты осуществления ПЭК, декларацию о плате за НВОС; статистическую отчетность 2-ТП, 2-ОС, 4-ОС и другие.

При отнесении объекта инфраструктуры порта к объектам 4 категории НВОС, требования, предъявляемые к нему, минимальные: паспортизация опасных отходов, ведение первичного учета отходов 1–5 классов опасности, предоставления отчетности 2-ТП (отходы и водхоз) [3].

Кроме экологической классификации объект может быть отнесен к классу опасности по санитарному законодательству [5]. От этого класса зависит размер санитарно-защитной зоны вокруг территории предприятия (промплощадки). Согласно санитарной классификации промышленных объектов и производств тепловых электрических станций, складских зданий и сооружений и размеры ориентировочных санитарно-защитных зон для них, причалы и места производства фумигации грузов и судов, газовой дезинфекции, дератизации и дезинсекции относятся к 1 классу. В этом случае размер санитарно-защитной зоны устанавливается 1000 м. Для речных причалов территория СЗЗ предусмотрена в 50 м, они относятся к 5 классу. При установлении СЗЗ учитываются воздействие на атмосферный воздух, акустическое загрязнение и иные воздействия, если таковые имеются [5].

Санитарно-защитная зона, согласно Земельному кодексу, относится к зонам с особыми условиями использования территории (ЗООИТ) [6]. С 1 января 2022 г санитарно-защитная зона после принятия органом исполнительной власти, осуществляющим государственный санитарно-эпидемиологический надзор, положительного решения, должна быть внесена единый государственный реестр объектов недвижимости [7]. Именно этот этап является на сегодняшний день окончательным установлением санитарно-защитной зоны.

Таким образом, мы видим, что не только водный транспорт является источником негативного воздействия на окружающую среду, но и порты и причалы относятся к объектам НВОС и их деятельность должна быть обеспечена экологическим сопровождением.

Нельзя недооценивать современные природоохранные требования, предъявляемые к объектам НВОС. На сегодняшний день на рынке многие компании предоставляют услуги по разработке, согласованию необходимой экологической документации, составлению отчетов и даже по получению разрешений на выбросы, сбросы и прочие виды воздействий на ОС. Но выполнение всех требований, тем не менее, должно осуществляться самим предприятием. Ведение первичной учетной документации, предоставление информации для составления отчетов, это малая часть работ. Для выполнения природоохранных требований необходима системная деятельность, включающая и инженерные мероприятия, особенно на таких сложных объектах, воздействующих на разные сферы окружающей среды, как причалы и порты.

Наличие экологической службы в структуре предприятия или хотя бы эколога в штате оптимизирует систему экологической безопасности, приведет к снижению аварийных ситуаций и риску получения штрафов за негативное воздействие на ОС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года/ <https://docs.cntd.ru/document/901764502>
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ/ [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/)
3. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 21.07.2014 N 219-ФЗ/ [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/)
4. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 N 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» / [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_373399/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373399/)
5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 25.09.2007 N 74 (ред. от 28.02.2022) "О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» / [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_74669/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_74669/)
6. «Земельный кодекс Российской Федерации» от 25.10.2001 N 136-ФЗ/ [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/)
7. «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 N 190-ФЗ/ [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_51040/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/)

REFERENCES

1. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973/ <https://docs.cntd.ru/document/901764502>
2. Federal Law "On Environmental Protection" dated 10.01.2002 No. 7-FZ/ [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/)
3. Federal Law "On Amendments to the Federal Law "On Environmental Protection" and Certain Legislative Acts of the Russian Federation" dated 07/21/2014 No. 219-FZ/ [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/)
4. Decree of the Government of the Russian Federation dated 12/31/2020 No. 2398 "On approval of criteria for classifying objects having a negative impact on the environment as objects of categories I, II, III and IV" / [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_373399/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373399/)
5. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 09/25/2007 No. 74 (ed. dated 02/28/2022) "On the introduction of a new edition of sanitary and epidemiological rules and norms of the SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, structures and other facilities" / [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_74669/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_74669/)
6. "Land Code of the Russian Federation" dated 10/25/2001 N 136-FZ/ [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/)
7. "Urban Planning Code of the Russian Federation" dated 12/29/2004 N 190-FZ/ [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_51040/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/)

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Порты, причалы, экологические требования, категория объекта негативного воздействия на окружающую среду.  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Бочкарева Ирина Ивановна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры Техносферной безопасности ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Быков Денис Вадимович, старший преподаватель кафедры Техносферной безопасности ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОКРАСОЧНЫХ РАБОТ РЕЧНЫХ СУДОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

М.Г. Мензилова, О.Ю. Лебедев, О.В. Рослякова

### ENSURING THE SAFETY OF PAINTING WORKS OF RIVER VESSELS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**M.G. Menzilova** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department of Ship Theory, Shipbuilding and Materials Technology of SSUWT)

**O.Y. Lebedev** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof., Head of the Department of Ship Theory, Shipbuilding and Materials Technology of SSUWT)

**O.V. Roslyakova** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department of Technosphere Safety of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article describes various ways of applying paint coatings. The amounts of pollutants released during painting with various paints and varnishes, which were applied in three ways: manual, pneumatic and airless, are calculated. Based on the conducted research, recommendations are made to ensure the safety of painting works.

**Keywords:** Personal protective equipment, safety precautions for painting, laboratory tests, paintwork, paint coatings, ship painting, metal painting schemes.

В статье описываются различные способы нанесения лакокрасочных покрытий. Рассчитываются количества выделенных загрязняющих веществ при окрасочных работах разными лакокрасочными материалами, которые были нанесены тремя способами: ручным, пневматическим и безвоздушным. На основании проведенных исследований даются рекомендации обеспечения безопасности окрасочных работ.

Для того, чтобы защитить корпус судна от внешнего воздействия чаще всего используют лакокрасочные покрытия (ЛКП), которые по сравнению с другими видами защитных покрытий имеют ряд достоинств - невысокая стоимость, высокая технологичность, достаточно длительный период действия при правильном выборе лакокрасочных материалов, технологии их нанесения и схемы окрашивания, возможность быстрого возобновления покрытия в случае его повреждения или разрушения [1, 2].

При нанесении лакокрасочного покрытия на объект необходимо правильно рассчитать необходимое количество краски и учесть все возможные потери; необходимо учесть требования соответствующих государственных стандартов; санитарных норм безопасности; норм и правил других нормативно-правовых документов; произвести контроль нанесенного лакокрасочного материала.

При лакокрасочных работах в воздушную среду выделяются загрязняющие вещества - пары растворителей и аэрозоля краски. Количество данных загрязнений зависит от используемых лакокрасочных материалов, способа окраски и эффективности работы очистных устройств [3, 4].

Для проведения испытания были подготовлены образцы, марка стали Ст3, окрашенные разными способами: ручным, пневматическим и безвоздушным распылением (рисунок 1).

1. Однослойное покрытие грунтовки «ФЛ-03» (желтая) и двухслойная эмаль «ПФ-115» (серая).
2. Однослойное покрытие грунтовки «ГФ-021» (красная) и двухслойная эмаль «ПФ-115» (желтая).
3. Однослойная грунтовка «ФЛ-03» (желтая).
4. Однослойная грунтовка «ГФ-021» (красная).
5. Двухслойная краска «Jotun Jotacote № 10» (серая).
6. Двухслойное лакокрасочное покрытие «КСС Когерох ЕН2352» (серое).
7. Однослойная грунтовка «Акрус Прайм» (серое) и однослойная эмаль «Акрус Лонг» (серое).
8. Двухслойная грунт-эмаль «Акрус Эпокс» (серый) и однослойная эмаль «Акрус Полиур» (оранжевая).
9. Двухслойная краска «Jotun Jotacote № 10» (серая) и однослойное покрытие полиуретановой краски «Jotun Hardtop» (оранжевая).
10. Двухслойное лакокрасочное покрытие «КСС Когерох ЕН2352» (серое) и однослойное огнестойкое лакокрасочное покрытие «Когехане ST1020» (оранжевое).
11. Однослойное эпоксидное покрытие «Акрус Стронг» (красное).

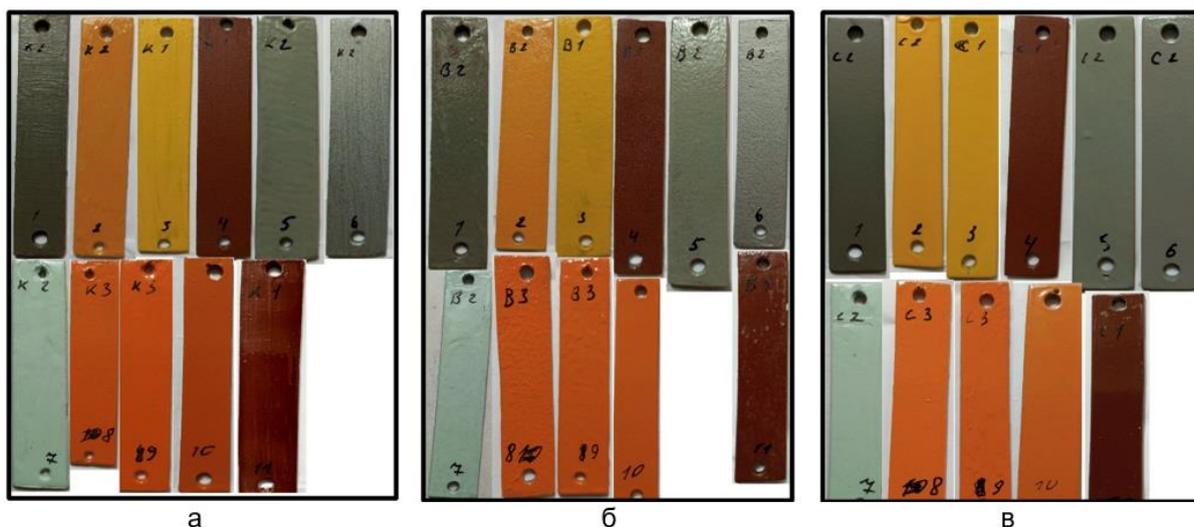


Рисунок 1 – Лакокрасочные покрытия, нанесенные на образцы:  
а – ручной способ, б – пневматический способ, в – безвоздушное распыление

Необходимо определить валовое выделение аэрозоля краски:

$$M_k^o = m \cdot \delta_k \cdot 10^{-4} \cdot K_c, \text{ кг} / \text{год} \quad (1)$$

где  $m$  – израсходованная масса краски, г;

## ЭКОЛОГИЯ

$\delta_x$  – доля краски, потерянной в виде аэрозоля (%) (таблица1);

$K_c$  – количество неиспарившейся части краски (сухой остаток), %, (таблица 2).

Таблица 1 – Загрязняющие вещества, которые выделяются при нанесении лакокрасочных покрытий

Способ окраски	Аэрозоли (% отпроизводительности при окраске)		Пары растворителя (% от общего содержания растворителя в краске, по весу)	
	при окраске $\delta_k$	при окраске $\delta_p'$	при окраске $\delta_p'$	при сушке $\delta_p''$
Распыление				
пневматическое	3,0		25	75
безвоздушное	2,5		23	77
Ручной метод				
ручной	-		35	65

Таблица 2 – Количество летучей части отдельных компонентов лакокрасочных покрытий

Марка ЛКМ	Компоненты, входящие в состав летучей части ЛКМ и растворителей, %, $f_{pi}'$									Летучая часть, %, $f_l$	Сухой остаток, %, $K_c$
	ацетон	бутанол	бутилацетат	ксилол	уайтспирит	толуол	этанол	этилцеллозольв	сольвент		
Растворитель											
646	7,0	15,0	10,0	-	-	50,0	10,0	8,0	-	100	-
P-4	26,0	-	12,0	-	-	62,0	-	-	-	100	-
P-5	30,0	-	30,0	40,0	-	-	-	-	-	100	-
Jotun Thinner №10	6,0	17,0	-	-	-	45,0	32,0	-	-	100	-
TH0045 (H/W/R)	21	-	12,0	60,0	-	-	-	7,0	-	100	-
Эмаль											
ПФ-115	-	-	-	-	100,0	-	-	-	-	10	90
Jotun Jotacote №10	6,0	17,0	9,0	-	-	49,0	13,0	6,0	-	28	72
КСС Корепох EH2352	10,0	-	15,0	30,0	-	35,0	10,0	-	-	27	73
Акрус Лонг	-	35,0	-	63,0	2,0	-	-	-	-	8	92
Акрус Полиур	-	30,0	-	50,0	20,0	-	-	-	-	36	64
Jotun Hardtop	8,0	15,0	12,0	-	-	46,0	19,0	-	-	15	85
Korexane ST1020	12,0	-	18,0	32,0	-	30,0	8,0	-	-	30	70
Акрус Стронг	-	37,0	-	56,0	7,0	-	-	-	-	20	80
Грунтовка											
ФЛ-03	-	-	-	50,0	50,0	-	-	-	-	30	70
ГФ-021	-	-	-	40,0	30,0	-	-	-	30,0	40	60
Акрус Прайм	5,0	10,0	7,0	-	-	60,0	18,0	-	-	8	92
Грунт-эмаль											
Акрус Эпокс	10,0	8,0	5,0	-	-	57,0	20,0	-	-	25	75

В состав краски входят валовые выделения компонентов растворителя:

$$M_{наpi} = m \cdot f_{pi}' \cdot 10^{-2}, \text{ кг / год} \quad (2)$$

где  $f_{pi}'$  – летучие загрязняющие вещества, содержащиеся в лакокрасочном материале:

$$f_{pi}' = f_{pi}' \cdot f_l, \% \quad (3)$$

$f_{pi}'$  – количество загрязняющих веществ, содержащихся в летучей части лакокрасочного материала (таблица 2);

$f_n$  – доля летучей части лакокрасочного материала (таблица 2).

ЛКМ разбавляются растворителями, поэтому дополнительно выделяются пары этих растворителей, валовое количество которых необходимо определить:

$$M_{napi}^p = m_p \cdot f_{pi}' \cdot 10^{-2}, \text{ кг / год} \quad (4)$$

где  $m_p$  – количество израсходованного растворителя за год, кг.

Определяется общая сумма валового выделения каждого компонента растворителя:

$$M_{napi}^{общ} = M_{napi} + M_{napi}^p, \text{ кг / год} \quad (5)$$

Максимально разовое выделение загрязняющих веществ:

– для аэрозоля краски:

$$G_{\kappa}^o = \frac{m_{\max} \cdot \delta_{\kappa} \cdot K_c \cdot 10^{-4}}{3,6}, \text{ г / с} \quad (6)$$

где  $m_{\max}$  – максимальный расход лакокрасочного материала, кг/ч.

– для компонентов растворителей при проведении окрасочных работ:

$$G_{napi} = \frac{m_{\max} \cdot f_{pi}' \cdot 10^{-2}}{3,6}, \text{ г / с} \quad (7)$$

– для компонентов растворителя при разбавлении:

$$G_{napi}^p = \frac{m_{\max}' \cdot f_{pi}' \cdot 10^{-2}}{3,6}, \text{ г / с} \quad (8)$$

где  $m_{\max}'$  – максимальный расход разбавителя, кг/ч.

Для определения количества вредных веществ, поступающих в атмосферный воздух при проведении окрасочных работ необходимо воспользоваться исходными данными из таблицы 3.

Таблица 3 – Исходные данные

Образец	Марка ЛКМ	Способ нанесения краски	Расход краски на один слой, г/м <sup>2</sup>	Растворитель	Расход растворителя, г
1	Грунтовка ФЛ-03 (один слой)	Ручной способ	100	646	22
		Пневматическое распыление	90		20
		Безвоздушное распыление	70		15
	Эмаль ПФ-115 (два слоя)	Ручной способ	130		27
		Пневматическое распыление	120		25
		Безвоздушное распыление	100		20
2	Грунтовка ГФ-021 (один слой)	Ручной способ	100	P-4	20
		Пневматическое распыление	90		18
		Безвоздушное распыление	80		17
	Эмаль ПФ-115 (два слоя)	Ручной способ	130		27
		Пневматическое распыление	120		25
		Безвоздушное распыление	100		20
3	Грунтовка ФЛ-03 (один слой)	Ручной способ	100	646	22
		Пневматическое распыление	90		20
		Безвоздушное распыление	70		15
4	Грунтовка ГФ-021 (один слой)	Ручной способ	130	P-4	27
		Пневматическое распыление	120		25
		Безвоздушное распыление	100		20

## ЭКОЛОГИЯ

Образец	Марка ЛКМ	Способ нанесения краски	Расход краски на один слой, г/м <sup>2</sup>	Растворитель	Расход растворителя, г
5	Jotun Jotacote № 10 (два слоя)	Ручной способ	208	Jotun Thinner No. 10	40
		Пневматическое распыление	190		35
		Безвоздушное распыление	175		30
6	КСС Когерох ЕН2352 (два слоя)	Ручной способ	200	ТН0045 (Н/В/Р)	45
		Пневматическое распыление	170		43
		Безвоздушное распыление	100		40
7	Грунтовка Акрус Прайм (один слой)	Ручной способ	300	Р-5	45
		Пневматическое распыление	280		43
		Безвоздушное распыление	265		40
	Эмаль Акрус Лонг (один слой)	Ручной способ	350		50
		Пневматическое распыление	320		47
		Безвоздушное распыление	280		45
8	Грунт-эмаль «Акрус Эпокс (два слоя)	Ручной способ	310	Р-5	47
		Пневматическое распыление	270		44
		Безвоздушное распыление	220		40
	Эмаль Акрус Полиур (один слой)	Ручной способ	170		31
		Пневматическое распыление	160		28
		Безвоздушное распыление	140		26
9	Jotun Jotacote № 10 (два слоя)	Ручной способ	208	Jotun Thinner No. 10	40
		Пневматическое распыление	190		35
		Безвоздушное распыление	175		30
	Jotun Hardtop (один слой)	Ручной способ	160		30
		Пневматическое распыление	150		28
		Безвоздушное распыление	130		25
10	КСС Когерох ЕН2352 (два слоя)	Ручной способ	180	ТН0045 (Н/В/Р)	35
		Пневматическое распыление	160		32
		Безвоздушное распыление	140		30
	Когехане ST1020 (один слой)	Ручной способ	200		40
		Пневматическое распыление	170		37
		Безвоздушное распыление	150		35
11	Акрус Стронг (один слой)	Ручной способ	585	Р-5	80
		Пневматическое распыление	550		74
		Безвоздушное распыление	500		70

Результаты расчетов выделенных вредных компонентов, входящих в состав летучей части ЛКМ представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Выделенные компоненты, входящие в состав летучей части ЛКМ

Номер образца	Марка ЛКМ	Метод нанесения ЛКМ	Выделенные компоненты, входящие в состав летучей части ЛКМ, гр.									
			Ацетон	бутанол	бутилацетат	ксилол	уайтспирит	толуол	этанол	этилцеллозол ьв	сольвент	Всего по ЛКМ, гр.
	Грунтовка ФЛ-03 (один слой)	Ручной способ	-	-	-	15,0	15,0	-	-	-	-	30,0
		Пневматическое распыление	-	-	-	13,5	13,5	-	-	-	-	27,0
		Безвоздушное	-	-	-	10,5	10,5	-	-	-	-	21,0

**ECOLOGY**

Номер образца	Марка ЛКМ	Метод нанесения ЛКМ	Выделенные компоненты, входящие в состав летучей части ЛКМ, гр.									
			Ацетон	бутанол	бутилацетат	ксилол	уайтспирит	толуол	этанол	этилцеллозольв	сольвент	Всего по ЛКМ, гр.
1	Эмаль ПФ-115 (два слоя)	распыление										
		Ручной способ	-	-	-	-	26,0	-	-	-	-	26,0
		Пневматическое распыление	-	-	-	-	24,0	-	-	-	-	24,0
		Безвоздушное распыление	-	-	-	-	20,0	-	-	-	-	20,0
2	Грунтовка ГФ-021 (один слой)	Ручной способ	-	-	-	16,0	12,0	-	-	-	12,0	40,0
		Пневматическое распыление	-	-	-	14,4	10,8	-	-	-	10,8	36,0
		Безвоздушное распыление	-	-	-	12,8	9,6	-	-	-	9,6	32,0
	Эмаль ПФ-115 (два слоя)	Ручной способ	-	-	-	-	26,0	-	-	-	-	26,0
		Пневматическое распыление	-	-	-	-	24,0	-	-	-	-	24,0
		Безвоздушное распыление	-	-	-	-	20,0	-	-	-	-	20,0
3	Грунтовка ФЛ-03 (один слой)	Ручной способ	-	-	-	15,0	15,0	-	-	-	-	30,0
		Пневматическое распыление	-	-	-	13,5	13,5	-	-	-	-	27,0
		Безвоздушное распыление	-	-	-	10,5	10,5	-	-	-	-	21,0
4	Грунтовка ГФ-021 (один слой)	Ручной способ	-	-	-	16,0	12,0	-	-	-	12,0	40,0
		Пневматическое распыление	-	-	-	14,4	10,8	-	-	-	10,8	36,0
		Безвоздушное распыление	-	-	-	12,8	9,6	-	-	-	9,6	32,0
5	Jotun Jotacote № 10 (два слоя)	Ручной способ	7,0	19,8	10,4	-	-	57,0	7,6	7,0	-	108,8
		Пневматическое распыление	6,4	18,0	9,6	-	-	52,2	13,8	6,4	-	106,4
		Безвоздушное распыление	5,8	16,4	8,6	-	-	47,2	12,4	5,8	-	96,2
6	КСС Когерох ЕН2352 (два слоя)	Ручной способ	10,8	-	16,2	32,4	-	37,8	32,4	-	-	129,6
		Пневматическое распыление	9,2	-	13,8	27,6	-	32,2	27,6	-	-	110,4
		Безвоздушное распыление	5,4	-	8,2	16,2	-	19,0	16,2	-	-	65,0
7	Грунтовка Акрус Прайм (один слой)	Ручной способ	7,5	6,0	3,8	-	-	42,8	15,0	-	-	75,1
		Пневматическое распыление	7,0	5,6	3,5	-	-	39,9	14,0	-	-	70,0
		Безвоздушное распыление	6,6	5,3	3,3	-	-	37,8	13,3	-	-	66,3
	Эмаль Акрус Лонг (один слой)	Ручной способ	-	9,8	-	17,6	0,6	-	-	-	-	28,0
		Пневматическое распыление	-	9,0	-	16,1	0,5	-	-	-	-	25,6
		Безвоздушное распыление	-	7,8	-	14,1	0,4	-	-	-	-	22,3
8	Грунт-эмаль «Акрус Эпокс (два слоя)	Ручной способ	15,6	12,4	7,8	-	-	88,4	31,0	-	-	155,2
		Пневматическое распыление	13,6	10,8	6,8	-	-	77,0	27,0	-	-	135,2
		Безвоздушное распыление	11,0	8,8	5,6	-	-	62,8	22,0	-	-	110,2
	Эмаль Акрус Полиур (один слой)	Ручной способ	-	18,4	-	30,6	12,2	-	-	-	-	61,2
		Пневматическое распыление	-	17,3	-	28,8	11,5	-	-	-	-	57,6
		Безвоздушное распыление	-	15,1	-	25,2	10,1	-	-	-	-	50,4
9	Jotun Jotacote № 10 (два слоя)	Ручной способ	7,0	19,8	10,4	-	-	57,0	7,6	7,0	-	108,8
		Пневматическое распыление	6,4	18,0	9,6	-	-	52,2	13,8	6,4	-	106,4
		Безвоздушное распыление	5,8	16,4	8,6	-	-	47,2	12,4	5,8	-	96,2
	Jotun Hardtop (один слой)	Ручной способ	1,9	3,6	2,9	-	-	11,6	-	-	-	20
		Пневматическое распыление	1,8	3,4	2,7	-	-	10,4	-	-	-	18,3
		Безвоздушное распыление	1,6	2,9	2,3	-	-	9,0	-	-	-	15,8
КСС	Ручной способ	10,8	-	16,2	32,4	-	37,8	32,4	-	-	129,6	

## ЭКОЛОГИЯ

Номер образца	Марка ЛКМ	Метод нанесения ЛКМ	Выделенные компоненты, входящие в состав летучей части ЛКМ, гр.									
			Ацетон	бутанол	бутилацетат	ксилол	уайтспирит	толуол	этанол	этилцеллозольв	сольвент	Всего по ЛКМ, гр.
10	Когерох ЕН2352 (два слоя)	Пневматическое распыление	9,2	-	13,8	27,6	-	32,2	27,6	-	-	110,4
		Безвоздушное распыление	5,4	-	8,2	16,2	-	19,0	16,2	-	-	65,0
	Когехане ST1020 (один слой)	Ручной способ	7,2	-	10,8	19,2	-	18,0	4,8	-	-	60,0
		Пневматическое распыление	6,1	-	9,2	16,3	-	15,3	4,1	-	-	51,0
		Безвоздушное распыление	5,4	-	8,1	14,4	-	13,5	3,6	-	-	45,0
11	Акрус Стронг (один слой)	Ручной способ	-	43,3	-	65,5	8,2	-	-	-	-	117,0
		Пневматическое распыление	-	40,7	-	61,6	7,7	-	-	-	-	110,0
		Безвоздушное распыление	-	37,0	-	56,0	7,0	-	-	-	-	100,0

Итоговые результаты по образцам в зависимости от метода нанесения ЛКМ представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Итоговые результаты

Образец	Общее количество, выделившихся летучих компонентов ЛКМ при покраске образца, гр.		
	Метод нанесения ЛКМ		
	Ручной способ	Пневматическое распыление	Безвоздушное распыление
1	56,0	51,0	41,0
2	66,0	60,0	52,0
3	30,0	27,0	21,0
4	40,0	36,0	32,0
5	108,8	106,4	96,2
6	129,6	110,4	65,0
7	103,1	95,6	88,6
8	216,4	192,8	160,6
9	128,8	124,7	112,0
10	189,6	161,4	110,0
11	117,0	110,0	110,0

По результатам, представленным в таблице 5 можно сделать вывод о том, что лакокрасочное производство сопровождается образованием значительного количества газовых выбросов. Наибольшую долю (по массе) в структуре загрязняющих веществ составляют органические растворители, пыль пигментов, водорастворимые сульфаты. Наименьшее количество загрязняющих веществ выделяется при безвоздушном напылении: на 20–50 % по сравнению с ручным, что наглядно отражено на рисунке 2.

Если правильно выбрать метод покраски, состав материалов, правильно организовать рабочий процесс и рабочее место, то можно обеспечить безопасность окрасочных работ и снизить образование общего количества летучих компонентов.

При покраске на открытом воздухе условия работы благоприятные. Естественный воздухообмен исключает возможность высокой концентрации паров растворителя, сложнее в закрытых помещениях. В таких помещениях помогает приточно-вытяжная вентиляция и использование средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения.

Основная номенклатура средств индивидуальной защиты представлена в таблице 6 [5].

Окрасочное производство относится к разряду вредных работ. В пищеварительный тракт вредные вещества могут попадать при заглатывании паров, пыли, через грязные руки при приеме пищи, курении.

Вещества, растворимые в жирах и липоидах, могут проникать в организм и через кожу.

Отмечаются головные боли, головокружение, сонливость, повышенная раздражительность, явления тошноты или рвоты, иногда потеря сознания, раздражают слизистые оболочки

глаз и верхних дыхательных путей, а также могут вызывать кожные заболевания воспалительного и аллергического характера [6, 7].

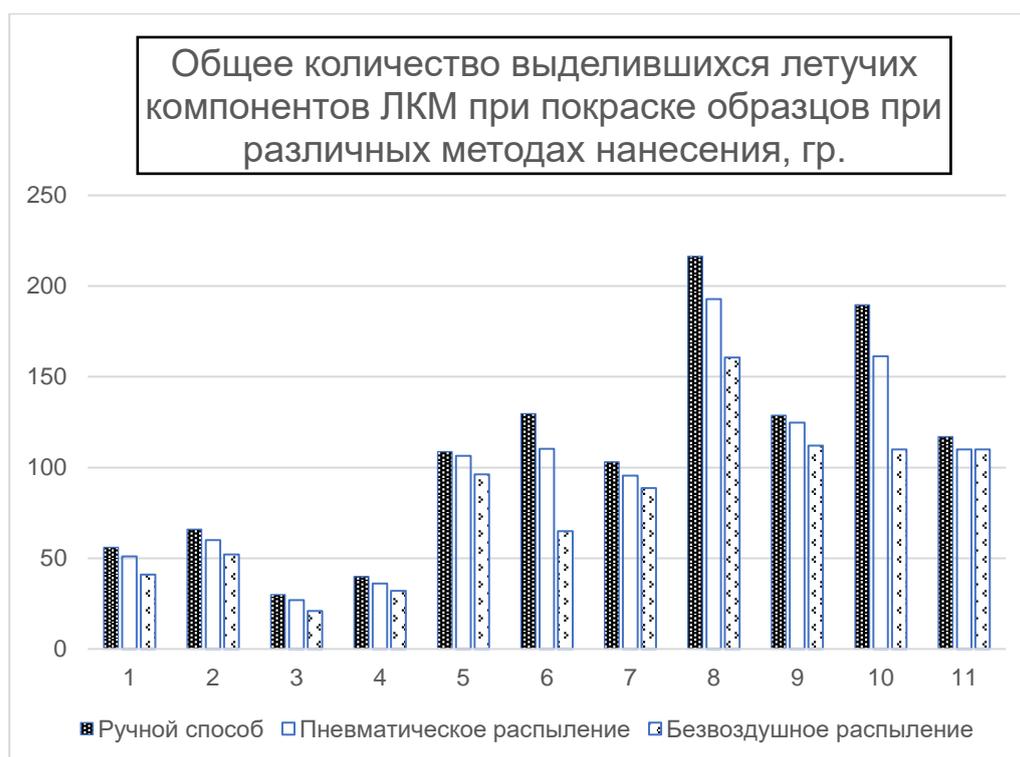


Рисунок 2 – Общее количество выделившихся летучих компонентов ЛКМ при покраске образцов при различных методах нанесения ЛКМ

Таблица 6 – Основная номенклатура средств индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты	Применение
Изолирующий противогаз ПШ-1, ПШ-2-57	Для защиты от газов, пара и пыли
Респиратор РМП-62	Для защиты от газов, пара и пыли
Шланговый респиратор ШР	Для защиты от газов, пара и пыли
Респиратор РУ-60 с соответствующими патронами	От пыли и паров растворителей
Очки-моноблок	От пыли
ИЭР-1 (паста института Эрисмана)	От воздействия органических растворителей
Биологические перчатки	От воздействия органических растворителей
Паста ПМ-1	От воздействия органических растворителей
Фурациллиновая паста	От воздействия органических растворителей
Мыло МДМ	Для мытья рук
Отмывочное средство «Вало»	Для мытья рук
Перчатки защитные из поливинилового спирта на нетканной основе	От воздействия красок и органических растворителей

Таким образом, основные направления развития технологии ЛКМ – экономия материальных ресурсов за счет повышения долговечности лакокрасочных покрытий, замена традиционных органоразбавляемых ЛКМ на водоразбавляемые, разработка и использование высокоэффективных методов обезвреживания отходов, средства индивидуальной защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев О.Ю., Мензилова М.Г. Способы защиты корпуса судна от коррозии и биообрастаний // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2021. №2. С. 12-18.
2. Лебедев О.Ю., Мензилова М.Г. Оценка влияния внешних факторов на состояние лакокрасочного покрытия корпуса речного судна (на примере Сибирского региона) // Речной транспорт (XXI век). – 2022. №1. С. 48-50.
3. Лебедев О.Ю., Мензилова М.Г., Бурмистров Е.Г.

REFERENCES

1. Lebedev O.Yu., Menzilova M.G. Methods of protecting the hull from corrosion and biofouling // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. - 2021. No.2. pp. 12-18.
2. Lebedev O.Yu., Menzilova M.G. Assessment of the influence of external factors on the state of the paintwork of the hull of a river vessel (on the example of the Siberian region) // River transport (XXI century). - 2022. No.1. pp. 48-50.
3. Lebedev O.Yu., Menzilova M.G., Burmistrov E.G. Analysis of the use of paint coatings to protect the hull from corrosion //

Анализ применения лакокрасочных покрытий для защиты корпуса судна от коррозии // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). doi: 10.1088/1742-6596/2131/4/042048

4. Лебедев О.Ю., Мензилова М.Г. Экспериментальные исследования лакокрасочных покрытий речных судов // Речной транспорт (XXI век). – 2021. №2. С. 55-58.

5. Мензилова М.Г. Защитные покрытия и окрашивание судов. Часть 1 «Защитные покрытия» / М.Г. Мензилова, О.Ю. Лебедев, В.И. Кузьмин // Учебное пособие / Сибирский государственный университет водного транспорта (СГУВТ). - Новосибирск, 2022. – 104 с.

6. ГОСТ 12.3.002-2014. Процессы производственные. Общие требования безопасности.: нац. стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 23 сентября 2014 г. N 1368-ст : введен впервые : дата введения 2016-07-01. // Кодекс : электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL <https://docs.cntd.ru/document/1200124407>.

7. ГОСТ 12.3.005-75. Работы окрасочные. Общие требования безопасности.:разработан и внесен Министерством химической промышленности СССР: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 19.08.75 г. N 2185 : введен впервые: дата введения 1976-07-01. // Кодекс : электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL <https://docs.cntd.ru/document/1200007331>.

Journal of Physics: Conference Series (JPCS). doi: 10.1088/1742-6596/2131/4/042048

4. Lebedev O.Yu., Menzilova M.G. Experimental studies of paint coatings of river vessels // River transport (XXI century). – 2021. No.2. pp. 55-58.

5. Menzilova M.G. Protective coatings and staining of ships. Part 1 "Protective coatings" / M.G. Menzilova, O.Y. Lebedev, V.I. Kuzmin // Textbook / Siberian State University of Water Transport (SGUVT). - Novosibirsk, 2022. – 104 p.

6. GOST 12.3.002-2014. Production processes. General safety requirements.: national the standard of the Russian Federation: approved and put into effect by the order of the Feder. technical agencies regulation and metrology dated September 23, 2014 N 1368-st : introduced for the first time : date of introduction 2016-07-01. // Code : electron. the legal and regulatory foundation.- Tech. inform. URL <https://docs.cntd.ru/document/1200124407>.

7. GOST 12.3.005-75. Painting works. General safety requirements.:developed and introduced by the Ministry of Chemical Industry of the USSR: approved and put into effect by the resolution of the State Committee of Standards of the Council of Ministers of the USSR dated 08/19/75 N 2185 : introduced for the first time: date of introduction 1976-07-01. // Code : electron. the legal and regulatory foundation.- Tech. inform. URL <https://docs.cntd.ru/document/1200007331>.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Средства индивидуальной защиты, техника безопасности окрасочных работ, лабораторные испытания, лакокрасочный материал, лакокрасочные покрытия, покраска судов, схемы окраски металла.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Мензилова Марина Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теории корабля, судостроения и технологии материалов» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Лебедев Олег Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедры «Теории корабля, судостроения и технологии материалов» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Рослякова Оксана Вячеславовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферной безопасности» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ НА СТРИМИНГОВЫХ ПЛАТФОРМАХ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

М.А. Лобановский

### TOOLS FOR CONDUCTING DISTANCE CLASSES ON STREAMING PLATFORMS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**M.A. Lobanovsky** (Senior Lecturer at the Department of Theoretical and Applied Mechanics of SSUWT)

**ABSTRACT:** A brief overview of the capabilities and tools for conducting distance learning through streaming programs. Consideration of useful computer devices that improve the quality of broadcasts.

**Keywords:** Streaming, streaming platform, OBS, video recording, graphics tablet, webcam.

Краткий обзор возможностей и инструментов при проведении дистанционных занятий через программы потокового вещания. Рассмотрение полезных компьютерных устройств повышающих качество трансляций.

Дистанционная форма обучения всё плотнее входит в наш учебный процесс. По ряду очевидных причин данный вид обучения будет актуален всегда. Учебные заведения обычно организуют дистанционный учебный процесс на собственных сайтах-порталах, но также преподаватели используют как основу стриминговые платформы, например ВКонтакте, YouTube, Twitch и т.д. Как правило эти платформы бесплатны и имеют свои преимущества. В этой статье будет рассмотрен инструментарий и возможности при использовании стриминговых платформ.

Для проведения занятий на упомянутых платформах используют программы для записи видео и потокового вещания. Существует достаточное количество таких программ, распространяемых бесплатным образом, например Open Broadcaster Software (OBS), XSplit Broadcaster, Streamlabs OBS и т.д. Большинство из этих проектов имеют схожий интерфейс и у всех один и тот же принцип действия, потому в статье будут приводиться примеры на основе одной из популярных программ Open Broadcaster Software, далее OBS.

OBS имеет бесплатную модель распространения программного обеспечения, т.е. отсутствует оплата за её использование. Программа доступна для установки на последние версии операционной системы Windows, а также для систем семейства Linux. Основное предназначение OBS это перехват видео и аудио сигнала с различных источников в реальном времени. В программе возможно настраивать композицию сцен для последующего вещания в интернете и/или запись видео.

Пользовательский интерфейс разбит на несколько областей (рисунок 1): сцены, источники, микшер звука, переходы между сценами и управление. Сцены – это заранее настроенные группы источников видео и аудио, необходимого текста, фото или анимации. С помощью микшера можно управлять уровнями звуковых источников, заглушать или накладывать аудио эффекты. В области управления находятся основные кнопки для включения/отключения вещания и записи видео. В OBS есть возможность показать на экране всё что нужно, детально настроить размер и конкретное положение любого объекта.

Один из самых просто реализуемых вариантов в OBS для преподавателя – это использование веб-камеры, в кадр которой попадает преподаватель, пишущий на условной учебной доске. Таким образом есть возможность провести занятие самым классическим образом, но при этом в дистанционном формате и с возможностью записи урока. Большинство стриминговых платформ самостоятельно сохраняют запись видео, к которым в дальнейшем могут получить доступ обучаемые.

Ещё один простейший вариант с помощью OBS позволяет показывать всё происходящее с экрана компьютера, где преподаватель может развернуть подготовленную презентацию и другие учебные материалы. Так же тут пригодится микрофон, подключенный к компьютеру и настроенный в OBS. С микрофоном преподаватель может вести монолог по учебному занятию, объясняя материал вживую или будучи сохранённым для последующего воспроизведения в записи.

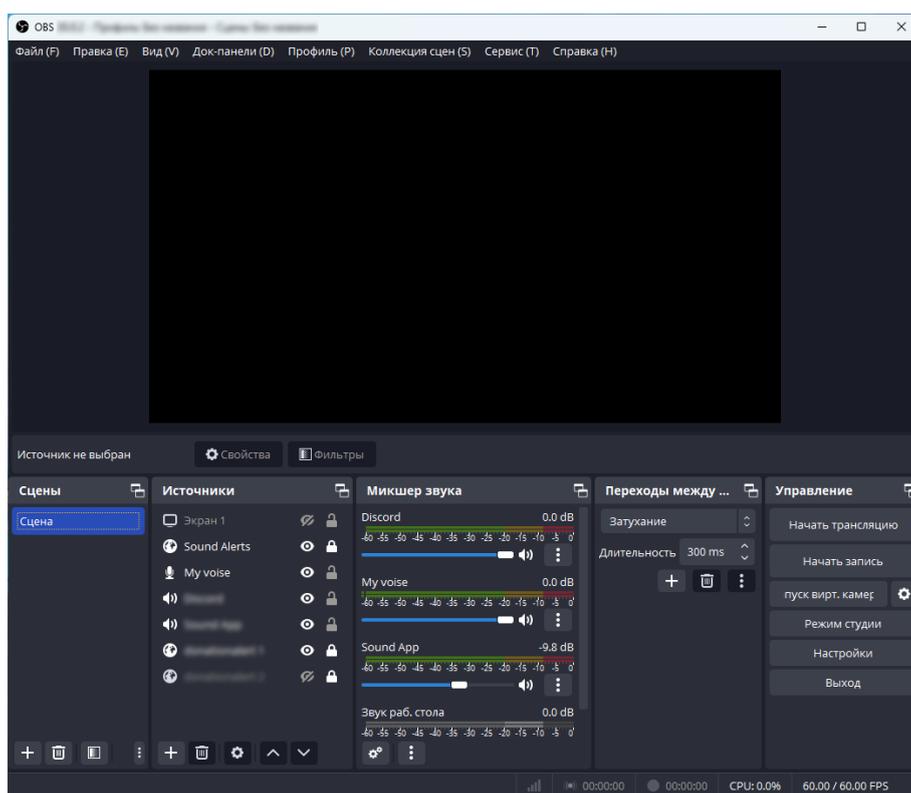


Рисунок 1 – Интерфейс программы OBS

Следующий уровень, который можно реализовать с помощью OBS подразумевает наличие графического планшета и стилуса, подключенного к компьютеру. С помощью которых преподаватель может в реальном времени писать собственной рукой лекции и практики, давать какие-то поправки, корректировки прямо по ходу занятия. Возможности графического планшета велики, особенно в сравнении с обычной меловой/маркерной доской: доступен любой цвет и толщина для письма, быстрая обрисовка геометрических элементов. При этом на экране все линии чёткие, доступно масштабирование на рабочем листе, быстрое исправление и дополнение по ходу занятия.

Немаловажным для дистанционного занятий является обратная связь с обучаемыми. Одно дело, когда преподаватель ведёт свой одинокий монолог во время урока, но совсем другое дело, когда ученики могут что-то спросить и уточнить по ходу дела. Для этого на стриминговых платформах предусмотрены текстовые чаты, где с минимальной задержкой по времени возможно текстовое общение со стороны аудитории. Со стороны преподавателя достаточно давать лишь голосовые пояснения через микрофон, то есть отсутствует неудобство, как если бы ответ пришлось набирать так же в текстовой форме.

Если углубиться в вопрос обратной связи, то есть возможность подключить полноценное голосовое общение с обучаемыми прямо во время проведения дистанционного занятия. В качестве примера приведём программы для подобного командного голосового общения: Ventrilo, TeamSpeak и т.д.

И последний уровень реализации дистанционных занятий, который можно осуществить на примере OBS это комплексное использование всего вышеперечисленного. Конечно, для этого необходимо иметь опыт в настройке упомянутых программ и устройств, инструкцию к которым мы рассматривать не будем, ведь цель статьи – обзор и демонстрация возможностей.

Идеальный вариант, когда на экране правильно скомпонованы все необходимые блоки с учебным материалом: например, чётко представлены схемы, таблицы, рисунки, анимации, при этом так же на экране запущена презентация, параллельно с этим выделен блок с листом, на котором преподаватель аккуратно пишет стилусом. Вместе со всем этим на экран выведено изображение лектора, необязательно в полный рост, достаточно снимать выше пояса. Автор статьи считает, что визуальный контакт с лектором очень важен для обучающихся, даже несмотря на такой широкий спектр используемых инструментов – порой важно увидеть язык тела и мимику.

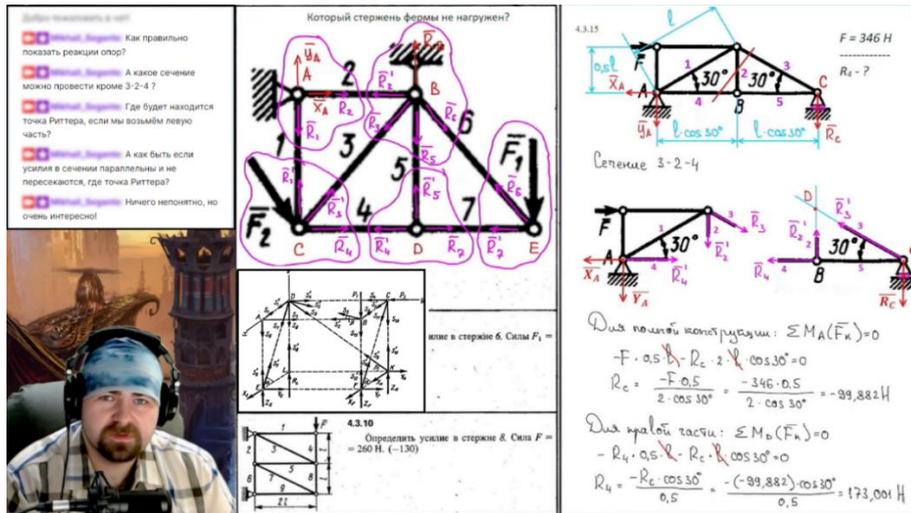


Рисунок 2 – На экране занятия есть всё необходимое

В случаях, когда необходимо проводить занятия дистанционно у нас есть достаточно вспомогательных инструментов, особенно на базе стриминговых платформ. С их помощью возможно проводить занятия наглядно, понятно и доступно всем обучающимся вне зависимости от территориального расположения. Ведь бывает и так, что плохо работает интернет – тут на помощь приходят записи проводимых уроков или прямо сейчас под рукой нет исправного компьютера – можно обойтись и телефоном, с экрана которого всё так же прекрасно видно.

Выделим плюсы использования программ потокового вещания на примере OBS и стриминговых платформ:

- доступность: студенты могут, когда им удобно получать доступ к записанным видеорокам в любом месте на любом устройстве, например компьютер, планшет, телефон;
- простота использования: платформы для потокового вещания имеют простой интерфейс, удобный как преподавателю, так и студентам;
- относительно малые затраты: для проведения занятий в дистанционном формате преподавателю требуется, по сути, только микрофон, а при наличии вебкамеры уровень занятий будет ещё выше, в любом случае начальная стоимость этих устройств находится в весьма бюджетном сегменте и доступна каждому.

И отметим минусы для такого вида занятий:

- трудности с настройкой компьютерных программ и устройств: несмотря на простоту настройки, к сожалению, не у всех сразу получится с первого раза настроить все нюансы, но в интернете достаточно видео и текстовых инструкций;
- технические проблемы: конечно же могут возникнуть внезапные неполадки с чем угодно: интернет от вашего провайдера, компьютер или порой сами компьютерные программы;
- отсутствие личного контакта: в отличие от очного обучения в дистанционном формате преподаватель не имеет возможности следить за дисциплиной или что-то быстро подсказать и подсказать обучающемуся;
- ограниченные возможности прикладных занятий: в режиме онлайн нет возможности проводить опыта на лабораторном оборудовании и взаимодействовать с какими-либо учебными стендами;
- отвлекающие факторы: находясь наедине с собой обучаемые во время онлайн занятий склонны отвлекаться на домашнюю обстановку вокруг себя или банально социальными сетями, тут уже преподаватель должен суметь заинтересовать своих студентов.

Конечно же живое обучение с преподавателем не заменит ничего, но в случаях нужды у нас есть чем воспользоваться.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Потоковое вещание, стриминговая платформа, OBS, запись видеоматериала, графический планшет, веб-камера.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Лобановский Михаил Александрович, старший преподаватель кафедры «теоретической и прикладной механики» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## РОЛЬ КУРАТОРА В ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного  
транспорта»

Н.В. Мокровицкая

### THE ROLE OF THE CURATOR IN EDUCATIONAL WORK IN THE HIGHER EDUCATION SYSTEM

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**N.V. Mokrovitskay** (Senior Lecturer of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** Education and upbringing inextricably influence the formation of a student's personality. And the goal of the educational process is to increase the competitiveness of a university graduate in modern economic conditions who has high spiritual and intellectual potential, with developed general cultural competencies, flexible, capable of self-development and the implementation of their skills.

---

**Keywords:** Educational work at the university, spiritual and moral potential, patriotic education, volunteering, creative self-expression, student research work, sporting events, student adaptation, countering corruption, terrorism and extremism.

Студент – это не сосуд, который надо заполнить знаниями, а факел,  
который нужно зажечь.

Л. Арцимович

Образование и воспитание неразрывно влияют на формирование личности студента. И целью воспитательного процесса является повышение конкурентоспособности выпускника вуза в современных экономических условиях, обладающего высоким духовным и интеллектуальным потенциалом, с развитыми общекультурными компетенциями, гибкого, способного к саморазвитию и реализации своих умений.

В настоящее время, российская система высшего образования с учетом требований нового образовательного стандарта и основных положений Закона «Об образовании в Российской Федерации» все большее значение, помимо образовательного процесса и научно-исследовательской деятельности в высших учебных заведениях, придает воспитательной работе со студентами. Главной целью образования в ВУЗе является подготовка и воспитание не только грамотного профессионала, но и гармонично развитой личности, социально компетентной, творчески активной, обладающей гражданской позицией, способной к ответственности и стремлением к созиданию. Так высококвалифицированный профессионал, не обладающий нравственными качествами, не способен принести благо для общества [1]. В нашем ВУЗе для всестороннего развития студента созданы благоприятные условия и сформирована социокультурная среда. Каждый студент может выбрать направление по своему желанию и предпочтению занятия в танцевальной, вокальной, театральной студии «Полундра», участие в КВН или литературном клубе «Графит». Так же в университете функционирует студенческий волонтерский корпус, Штаб студенческих отрядов, пожарно-спасательный отряд «Феникс», экологический кружок «Водопад», студенческий спортивный клуб и разнообразие мероприятий, проводимых этими организациями, значительно наполняют и обогащают студенческую жизнь. Каждый может найти занятия по душе и реализовать свой творческий потенциал. Организация досуга молодежи всегда являлась актуальной задачей современного общества. Как молодой человек использует свое свободное время, является показателем его культуры, духовных ценностей и личных интересов. Досуг подразумевает свободный выбор занятий по интересу и является необходимым элементом образа жизни человека. В этом выборе реализуются саморазвитие личности, социальное общение, физическое оздоровление и много других направлений. Важно предоставить студенту выбор из разнообразия разноплановых мероприятий и спортивного и творческого и научно-исследовательского характера. Что успешно реализуется в нашем университете [2].

Кураторство, как одна из форм реализации воспитательной работы, помогает обучающемуся органично погрузиться в студенческую жизнь, пройти стадию адаптации и социализации вчерашнего школьника в сегодняшнего первокурсника. А трудностей у первокурсника хватает – это и форма, и продолжительность занятий, и требования преподавателей, и необходимость самостоятельной работы при подготовке к занятиям, а иногородним студентам, приходится столкнуться с бытовыми заботами и проблемами. Основными признаками успешной

адаптации студента являются успешное усвоение изучаемого материала, понимание важности и нужности выбранной профессии, проявление инициативы во внеучебной деятельности факультета, создание дружеских отношений с однокурсниками и уважительных отношений с преподавателями университета. Трудности же в адаптационном периоде приводят к разочарованию, утрате перспективы, отчуждению и пассивности первокурсника. Куратор является в этот период помощником в решении организационных, учебных и других вопросах. Роль куратора многофакторная и затрагивает такие аспекты, как организацию и контроль за учебной деятельностью студента, его посещаемость занятий, его взаимоотношения внутри группы с однокурсниками, вовлеченность в жизнь факультета и университета в целом. Куратор, являясь связующим звеном между студенческой группой и администрацией вуза, своевременно знакомит ребят с важной информацией, касающейся как учебного процесса, так и мероприятий, проводимых в соответствии с планом воспитательной работы университета. И задача куратора не только передать информацию, но и мягко убедить и сагитировать студентов участвовать в различных мероприятиях, что требует от педагога коммуникативных умений. В целом успешное взаимодействие куратора со студенческой группой предполагает наличие у педагога разнообразных психологических качеств, таких как интерес работы с молодежью, способность к эмоциональной эмпатии и пониманию студентов, гибкость мышления, педагогической импровизацией, умение применять разнообразные средства воздействия, при этом хорошо ощущать и налаживать обратную связь с обучающимися. Куратор – это не диктатор, а скорее наставник, воспитатель, старший друг, и студент должен знать, что к куратору можно и нужно обратиться в случае возникновения какой-то проблемы или ситуации и его услышат, поймут и помогут ее решить [3].

В тесном сотрудничестве куратора и психолога университета проводятся такие важные мероприятия, как социально-психологическое тестирование обучающихся согласно по приказу Министерства просвещения РФ на предмет немедицинского потребления наркотических средств и психотропных веществ, а также выявления суицидального поведения. Также интерес у студентов вызывают адаптационные занятия, с элементами тренинга и психологических игр на сплочение группы и командообразование. На этих занятиях ребята ближе знакомятся между собой в группе, узнают об увлечениях и интересах друг друга, учатся распределять роли между собой, чтоб успешно справиться с заданиями психолога. При участии педагогов-психологов центра Родник регулярно проводятся лекции-беседы на разнообразные востребованные темы, такие как «Основы самопрезентации и публичных выступлений», «Распутай мозги», «Гармоничные отношения». Психологическая поддержка на первых курсах является очень важным элементом воспитания, так как однокурсники поступают из разных социальных слоев, с разным воспитанием, некоторые ребята из неполных семей, студенты сироты и мировоззрение у каждого свое, важно сплотить коллектив, предотвратить конфликтные ситуации в группе, наладить дружеские взаимоотношения. При необходимости психолог может провести и личную консультацию со студентом, если есть запрос и желание поделиться своей проблемой и решить его со специалистом.

На кураторских часах, работая с группой, куратор может в виде беседы обсудить со студентами много важных вопросов касающихся и организации учебной деятельности, самоподготовки к занятиям, и духовно-нравственные аспекты воспитания, этики поведения и общения в коллективе, и пропаганды здорового образа жизни, включая активную спортивную жизнь, отрицательное отношение к табакокурению и распитию спиртных напитков и употреблению наркотических и психотропных веществ. Не остается в тени и вопрос о противодействии коррупции в стенах университета. Беседуя со студентами на эту тему, важно расширить их знания о коррупционном поведении и методах противодействия, профилактику правонарушений, рассказать, куда может обратиться студент, столкнувшись с подобной проблемой, о телефонах доверия в вузе и прокуратуре. Просветительский уровень борьбы с коррупцией играет особую роль в формировании у обучающихся антикоррупционного мировоззрения, укрепления доверия к деятельности органов государственной и муниципальной власти.

Необходимым элементом в воспитательной работе со студентами стали групповые беседы по профилактике противодействия терроризму. Доведение норм законодательства, устанавливающих ответственность за участие и содействие террористической деятельности, разжигание социальной, расовой, национальной и религиозной розни, является актуальной и жизненно необходимой информацией и способствует формированию стойкого неприятия

идеологии терроризма. Для этого привлекают к сотрудничеству и взаимодействию территориальные органы МВД России и ФСИН России.

В целях реализации плана воспитательной работы по формированию и укреплению духовно-нравственных ценностей обучающихся университета в течение года проходит серия мероприятий на тему «Защита традиционных российских духовно-нравственных ценностей» с представителем Новосибирской епархии: Русской Православной Церкви, иереем Игорем Морозовым. В ходе лекций-бесед обсуждаются со студентами такие важные вопросы, как семейные ценности, толерантности между представителями разных национальных культур и вероисповеданий. Ребята с неподдельным интересом слушают докладчика и задают вопросы, выступают, когда их просят высказать свое мнение, поделиться впечатлением об услышанном. Сложно переоценить важность таких встреч в формировании духовной составляющей личности студентов. Происходит смещение фокуса внимания обучающегося с материальных ценностей, потребительского формата жизни в сторону созидания, духовной наполненности и смысла жизни.

Патриотическое воспитание студенчества целесообразно начинать, прививая уважение и любовь к своему факультету, университету. Показывая неразрывность интересов отросли и государства, рассказывая об истории вуза, какой вклад внесли сотрудники в Победу в Великой Отечественной войне, каких успехов достигли выпускники университета и в каких сферах успешно осуществляют свою трудовую деятельность. Все это можно узнать на экскурсии в историко-патриотическом центре СГУВТа, а также посмотреть интересные экспонаты музея – различные макеты судов, выставку книг, множество исторических фотографий, карту речных бассейнов Сибири, возможность узнать историю появления тельняшки и устройство первого фотоаппарата. Посещение таких мест подрастающим поколением необходимо не только чтобы познакомиться с историческим прошлым своего вуза, но и узнать, как она вплеталась в историю родной страны. Любовь к Родине начинается с привязанности к своей семье, дому, улице, городу и с годами уже перерастает в уважение и гордость за свою страну.

Роль куратора является важной во всех видах деятельности студенческой жизни. Куратор должен искренне интересоваться жизнью студентов, их заботами, проблемами, направлять и подсказывать, не формально относиться к своим обязанностям. Своевременно отслеживая итоги промежуточных аттестаций, контрольных недель, отслеживать отстающих по успеваемости студентов, проводить беседы, выявляя причины и трудности, связываться с родителями и тем самым предотвратить отчисление студентов, сохранить контингент. Часто причиной неуспеваемости является неумение студента грамотно организовать свой учебный процесс, и в таком случае куратор должен научить бывшего школьника учиться по новым правилам, объяснив все тонкости процесса обучения в вузе. Первая сессия тоже вызывает много волнений у студентов, чтобы снизить тревожность по этому вопросу, куратор заранее рассказывает своим подопечным о сроках ее проведения, системе пересдачи зачетов и экзаменов. Это улучшает эмоциональное состояние студентов в период перед сессией, тем самым обучающийся больше сил и внимания вкладывает в успешную подготовку к экзаменам, чем в переживания и волнения [4].

Образование и воспитание неразрывно влияют на формирование личности студента. И целью воспитательного процесса является повышение конкурентоспособности выпускника вуза в современных экономических условиях, обладающего высоким духовным и интеллектуальным потенциалом, со сформированными общекультурными компетенциями, гибкого, способного к саморазвитию и реализации своих умений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хижная А.В., Сульдина В.В. Воспитательная деятельность в высших учебных заведениях // В сборнике: Инновационные подходы к решению профессионально-педагогических проблем сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина. 2018. С. 82-86.
2. Голубева О.В., Хижная А.В., Бушуева А.А. Студенческие объединения: место и роль во внеучебной деятельности вуза // Мир науки. 2017. Т. 5. № 6. С. 13.
3. Рогалева, Г. И. Кураторство – профессиональная функция вузовского преподавателя / Г. И. Рогалева. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 20 (124). – С. 723-726.

REFERENCES

1. Khizhnaya A.V., Suldina V.V. Educational activities in higher educational institutions // In the collection: Innovative approaches to solving professional and pedagogical problems, a collection of articles based on materials from the All-Russian Scientific and Practical Conference. Nizhny Novgorod State Pedagogical University named after Kozma Minin. 2018. pp. 82-86.
2. Golubeva O.V., Khizhnaya A.V., Bushueva A.A. Student associations: place and role in extracurricular activities of the university // World of Science. 2017. T. 5. No. 6. P. 13.
3. Rogaleva, G. I. Supervision is a professional function of a university teacher / G. I. Rogaleva. – Text: immediate // Young scientist. - 2016. - No. 20 (124). - pp. 723-726.
4. Bystrova N.V., Tsyplakova S.A., Bushueva A.A., Maksimova K.A. Mentoring as a process of shaping the personality of a

4. Быстрова Н.В., Цыплакова С.А., Бушуева А.А., Максимова К.А. Наставничество как процесс формирования личности будущего специалиста // В сборнике: Структурные преобразования экономики территорий: в поиске социального и экономического равновесия сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. 2019. С. 37-43.

future specialist // In the collection: Structural transformations of the territorial economy: in search of social and economic balance, collection of scientific articles of the 2nd All-Russian scientific and practical conference. Southwestern State University. 2019. pp. 37-43.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Воспитательный процесс в университете, духовно-нравственный потенциал, патриотическое воспитание, волонтерство, творческое самовыражение, научно-исследовательская работа студентов, спортивные мероприятия, адаптация студентов, противодействие коррупции, терроризму и экстремизму.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Мокровицкая Наталья Владимировна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД В ОБУЧЕНИИ НЕМЕЦКОМУ ЯЗЫКУ СТУДЕНТОВ НЕЯЗЫКОВЫХ ВУЗОВ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**Е.А. Киселева**

**COMPETENCE-BASED APPROACH IN TEACHING GERMAN TO STUDENTS OF TECHNICAL UNIVERSITIES**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**E.A. Kiseleva** (Senior Lecturer of the Department «Foreign Language» of SSUWT)

**ABSTRACT:** This article deals with the competence-based approach in teaching German to students of technical universities in accordance with new educational standards. The main attention is paid to such issues as "what does the concept of a competence approach include", "how is it implemented in practice" and "which competencies occupy a leading place in the process of teaching German to future engineers".

**Keywords:** *Competence-based approach, educational process, formation, linguistic, communicative and intercultural competencies, higher education, professional activity.*

В данной статье говорится о компетентностном подходе в обучении немецкому языку студентов технических вузов в соответствии с новыми образовательными стандартами. Основное внимание уделено таким вопросам, как "что включает в себя понятие компетентностного подхода", "как он реализуется на практике" и "какие компетенции занимают ведущее место в процессе обучения немецкому языку будущих инженеров".

В современном образовательном пространстве компетентностный подход становится все более актуальным и значимым. Это связано с тем, что он позволяет сформировать у студентов те компетенции, которые необходимы им для успешной профессиональной деятельности. В данной статье рассмотрим особенности компетентностного подхода в обучении студентов неязыковых вузов немецкому языку.

Компетентностный подход в обучении в обучении немецкому языку студентов инженерных специальностей должен быть ориентирован на формирование языковых, культурных, межкультурных, коммуникативных и профессиональных навыков. Внедрение компетентностного подхода в обучение иностранным языкам студентов неязыковых специальностей существенным образом меняет содержание обучения.

Языковая компетенция включает в себя умение грамотно читать, писать, говорить и понимать немецкую речь на базе программного лексического и грамматического минимума.

Параллельно с этим идет формирование культурной и межкультурной компетенций. Очень важно создавать на занятиях атмосферу погружения в немецкоязычную среду, например, проводить мероприятия на языке, стимулировать студентов к самостоятельной работе и вне аудитории.

Конкурс поэтического перевода на морскую тематику, проводимый кафедрой иностранных языков Сибирского государственного университета водного транспорта становится уже традиционным. В этом году по секции немецкого языка в нем участвовали студенты вузов Новосибирска и Санкт-Петербурга. Ребята представили свои работы в 2 основных номинациях: на лучший поэтический перевод и декламацию стихотворения классика немецкой литературы Иоганна Вольфганга Гете "Морской штиль".

Meereessille  
Tiefe Stille herrscht im Wasser,  
Ohne Regung ruht das Meer.  
Und bekümmert sieht der Schiffer  
glatte Fläche ringsumher.

Keine Luft von keiner Seite!  
Todesstille fürchterlich!  
In der ungeheuern Weite  
reget keine Welle sich.

Студенты приняли активное участие в творческом переводе и в номинации «Точная передача эмоционального настроения» хочется отметить перевод студента первого курса Судомеханического факультета Павла Хавова:

Морская тишина.  
Тишина лежит на море  
Штиль глубокий на воде  
Что все это значит? Горе?  
Иль быть может быть беде???  
Опечален корабельщик  
Даль ужасна и страшна  
Не колышется ни воздух,  
Ни привычная волна.

Работа, выполненная студенткой Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова Коваленко Аделиной, признана жюри одной из лучших в номинации «Оригинальность поэтического выражения»

Штиль.  
Над непокорной природой моря  
Властвует штиль бескрайних вод.  
Взор моряка, отчаянной печали полный,  
Скользит по глади, окружающей вельбот.  
  
И ветер мирно дремлет в колыбели  
В чертогах мирной тишины.  
И волны, позабыв о гневе, оробели.  
Их всплески больше не слышны.

Коммуникативная компетенция предполагает умение общаться на немецком языке, адекватно вербально реагировать в различных жизненных и производственных ситуациях. Она неразрывно связана с профессиональной компетенцией. В техническом вузе компетентный подход позволяет сформировать интеграцию языкового обучения с профессиональными знаниями. Владение терминологией, умение читать и понимать специализированную литературу на немецком языке позволяет студентам быть в курсе последних достижений в области науки и техники.

Развитие навыков устной и письменной коммуникации в рамках профессиональной тематики ведет к умению вести диалог, готовить презентации, участвовать в студенческих научно-практических конференциях, посвященных, например, современным проблемам и перспективам развития морского и речного транспорта. Профессиональная компетенция способствует формированию критического мышления и аналитических навыков, необходимых для понимания сложных технических текстов и решения инженерных задач.

Обучающиеся переводят аутентичные тексты по специальности, например:

Eine scharfe Energiewende hin zur alternativen Energie sollte zu einer Art Schutz vor Importabhängigkeit und zu einem neuen Motor für die technologische Entwicklung der Wirtschaft werden. Im Interesse der Entwicklung erneubarer Energiequellen wurde der Kampf gegen die globale Erwärmung zu einer gemeinsamen europäischen Ideologie erhoben, verschiedene Mechanismen zur indirekten Förderung erneubarer Energiequelle erschaffen und die zulässige Lebensdauer eine Reihe

großer Wärmekraftwerke verkürzt. Deutschland plant, in Zukunft auf den Verbrauch traditioneller Energieressourcen vollständig zu verzichten und diese als Bedrohung für die Energiesicherheit zu betrachten.

Перевод: Альтернативная энергетика.

Резкий поворот энергетического курса к альтернативной энергетике должен стать своеобразной защитой от импортной зависимости и новым драйвером технологического развития экономики. Ради развития возобновляемых источников энергии борьба с глобальным потеплением возведена в ранг общеевропейской идеологии, созданы различные механизмы косвенной поддержки возобновляемых источников энергии, а также сокращен допустимый срок службы ряда крупных тепловых электростанций.

Студенты также могут перевести свои учебные работы такие, как статьи и рефераты, перевести с русского языка на немецкий. Например: Die Geschichte hat viele Beispiele für den erfolgreichen Transport von Fracht nach Sibirien durch die Kombination der See-und Binnenschiffahrt. – История знает много примеров успешной транспортировки грузов в Сибирь посредством использования комбинации морского и речного транспорта.

Расширение кругозора и развитие межкультурного понимания поможет учащимся вузов лучше адаптироваться к будущей работе в составе международной команды и использовать немецкий язык как средство профессионального общения. Для занятий необходимо использовать современные методики и технологии, включая интерактивные учебные материалы, компьютерные программы, онлайн-ресурсы и мультимедийные средства обучения, например, "Quize Deutsch Online", "De-Online Deutsch", "Deutsch lernen durch Hören", "Ein technischer Wortschatz auf deutsch".

Для реализации компетентного подхода в обучении немецкому языку в вузе можно использовать работу в группах, проектную деятельность, работу с кейсами. Кейс-метод обучения иностранному языку позволяет исследовать и решать смоделированные проблемные ситуации. Данный метод обеспечивает эффективное развитие навыков работы в группе, аргументированного изложения своей точки зрения, ведения дискуссии.

Также важно использовать аутентичную литературу, статьи из научных журналов. В рамках учебного курса "Deutsch im Beruf" есть раздел "Устройство на работу". Студенты 2 курса знакомятся с вакансиями, размещенными в немецкоязычных средствах массовой информации, обсуждают все плюсы и минусы предложений со стороны предприятия (социальный пакет, бесплатное питание, 13 зарплата, дополнительная пенсия). Они серьезно и обдуманно обсуждают и требования к кандидатам - профессиональные компетенции, уровень квалификации, опыт работы, соответствие организации (корпоративная культура), особые требования, среди которых командировки, работа в ночную смену, сверхурочные. Далее студенты пишут на немецком языке по стандартной или свободной схеме заявление на участие в конкурсе на замещение вакантной должности в выбранной компании.

В учебнике "Немецкий язык для менеджеров и экономистов" под редакцией А.Ф. Зиновьевой есть по данной теме ряд упражнений, интересных по содержанию и актуальных в дальнейшем использовании и на немецком, и на русском языках. Выполняя упражнения, студенты обсуждают предложенные личностные характеристики, востребованные работодателем, среди которых мотивация, чувство ответственности, способность работать в команде, творческий потенциал, стрессоустойчивость и способность выдерживать нагрузки. Ребята с увлечением оценивают при этом и свои профессиональные способности и возможности, приобретают навык адекватно понимать и интерпретировать лингвокультурные факты [2, 105].

Работа со студентами над формированием профессиональных и межкультурных компетенций является важной задачей и позволит будущим специалистам успешно взаимодействовать с коллегами и партнерами за рубежом. Компетентный подход включает в себя межкультурное взаимодействие, позволяющее понимать особенности немецкой национальной культуры, традиций и обычаев. Вопросы этнокультурологии постоянно затрагиваются на практических занятиях. Разные страны, разный менталитет, различное национальное коммуникативное поведение. Множественность способов языкового и неязыкового выражения в этикетных ситуациях, а также их национально-культурная специфика свидетельствуют о необходимости учета в речевом общении многих факторов, преимущественно экстралингвистических: характер взаимоотношения общающихся, официальность/неофициальность обстановки общения, социокультурные факторы [1].

Немецкий исследователь и ученый Гельмут Экерт давно занимается вопросами коммуникативного поведения представителей разных национальных культур, рассматривает типичные ситуации в обыденной и деловой жизни и приходит к определенным выводам. В немецком характере преобладает стремление к независимости, лидерству, соперничеству. В нашей национальной культуре в цене стремление к коллективизму, сотрудничеству и общению. Немцы законопослушны. Все правила, предписания и инструкции необходимо выполнять неукоснительно. Для представителей русской культуры на предприятии абсолютная величина - начальник, и все поступающие директивы могут преломляться под его настроение. Немцы пунктуальны и дисциплинированы. Русские либеральны ко времени. Собрание может начаться "приблизительно в ..." или даже "когда все соберутся". Немцы говорят "нет" и это однозначно "нет". И им не ясен ответ на вопрос "Может ли быть подписан договор на данных условиях?" такой естественный для нас "да нет, наверное". Русская культура контактная, немецкая - дистанционная. У первых принят разговор по душам, где практически нет запретных тем. Немцы даже в дружеской беседе будут вести светский диалог.

Гельмут Экерт придерживается мнения, что такие характеристики, как "хорошо" или "плохо" неуместны в отношении национальных коммуникативных особенностей. При правильном подходе все национальные культуры должны взаимообогащаться. Он замечает, что "немцам у русских стоило бы поучиться теплоте общения, гостеприимству и искренности, а русским от немцев перенять серьезное отношение ко времени и закону".

Компетентностный подход является важным инструментом в обучении студентов технических вузов. Он позволяет сформировать у них необходимые профессиональные компетенции, необходимые для того, чтобы наши выпускники могли успешно применять полученные знания и умения в своей будущей работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Газизов Р.А. Коммуникативное поведение немцев в русских этикетных ситуациях общения. // Русское и немецкое коммуникативное поведение. Вып. 1. – Воронеж: изд-во «Истоки», 2002. – С. 7-23.
2. Немецкий язык для менеджеров и экономистов : Учебник / Зинovieва Августина Федоровна [и др.] ; А. Ф. Зинovieва [и др.]. - Москва : Издательство Юрайт, 2017. - 238.

REFERENCES

1. Gazizov R.A. Communicative behavior of Germans in Russian etiquette communication situations. // Russian and German communicative behavior. Issue 1. – Voronezh: Istoki Publishing House, 2002. – pp. 7-23.
2. German for managers and economists : Textbook / Zinovieva Augustina Fedorovna [et al.]; A. F. Zinovieva [et al.]. - Moscow : Yurayt Publishing House, 2017. - 238.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Компетентностный подход, учебный процесс, формирование, лингвистические, коммуникативные и межкультурные компетенции, высшее образование, профессиональная деятельность.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Киселева Елена Александровна, старший преподаватель кафедры «Иностранных языков» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СЕВЕРНОГО ЗАВОЗА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**С.Н. Масленников, Ю.В. Хохлов, О.О. Суховеева**

**LEGAL ASPECTS OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS STRUCTURE OF NORTHERN DELIVERY**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**S.N. Maslennikov** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**Y.V. Khokhlov** (Senior Lecturer of SSUWT)

**O.O. Sukhovееva** (Master's student of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article examines the tools with which the state participates in the development of the Far North. Also considered is the adopted Federal Law of 04.08.2023 No. 411-FZ "On Northern Delivery", which regulates relations related to the delivery of goods in territories with limited terms for the delivery of goods located within the boundaries of municipalities related to regions of the Far North. An analysis was made of the development of the transport and logistics infrastructure of northern delivery and recommendations were given for its further development.

**Keywords:** *Far North, Northern delivery, transport and logistics infrastructure.*

В статье рассматривается инструментарий, с помощью которого осуществляется участие государства в развитии Крайнего Севера. Также рассмотрен принятый Федеральный Закон от 04.08.2023 № 411-ФЗ «О северном завозе», который регулирует отношения, связанные с

осуществлением завоза грузов на территории с ограниченными сроками завоза грузов, расположенные в границах муниципальных образований, относящихся к районам Крайнего Севера. Произведен анализ развития транспортно-логистической инфраструктуры северного завоза и даны рекомендации для дальнейшего его развития.

Понятие Крайний Север впервые было введено в Советском Союзе в 1930-е годы для обозначения отдаленных территорий с тяжелыми условиями жизни. Большинство из них – это места с вечной мерзлотой, бесплодными почвами и суровыми зимами. Но главный критерий – они труднодоступны и не имеют круглогодичного сообщения с остальной частью страны. Географически Крайний Север включает территории за Полярным кругом и часть Дальнего Востока России.

В молодой Советской России пространственная локализация понятия «Крайний Север» была связана с мероприятиями по переустройству на социалистический лад жизни малочисленных народов, населявших северные окраины страны и сохранивших пережитки первобытнообщинного строя. Конкретное административное содержание понятия «Крайний Север», определялось нормативно-распорядительными актами органов власти и управления СССР и РФ, регулирующими предоставление населению льгот и обеспечение транспортной доступности. Только за последние 40 лет было принято более 30 нормативно-правовых актов: вновь вводимых, отменяющих или дополняющих ранее изданные. При этом перечень регионов носил название: «районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности». Такое расширенное понятие позволяло включать отдаленные регионы Алтая, Тувы, Бурятии, Забайкальского края (рисунок 1).



Рисунок 1 – Районы Крайнего Севера и местности, приравненные к районам Крайнего Севера

Если сложить все это, то Крайний Север занимает около 70 процентов всей территории России. Несмотря на такую огромную территорию, на Крайнем Севере проживает менее 12 миллионов россиян, или всего 7 процентов населения страны. В эту группу входят многие коренные народы. Нужно отметить, что в законодательстве РФ для оказания мер социальной поддержки коренных народов, ведущих традиционный образ жизни на территории своих предков, введено понятие – коренные и малочисленные народы.

Кроме этого, территория Севера – это стратегические для России запасы полезных ископаемых, расположенная здесь производственная, транспортная и социальная инфраструктура, обеспечивающие развитие России на многие десятилетия. Это обуславливает необходимость государственного регулирования и непосредственного участия государства и при стратегическом планировании, и в текущей деятельности этих регионов. Участие государства в развитии Крайнего Севера осуществляется, во-первых, в виде нормативно-правового

регулирования и, во-вторых, в форму участия в финансировании, что в свою очередь невозможно без нормативных документов.

Нормативные акты, определяющие отнесение административных районов к Крайнему Северу, производилось по двум признакам: 1. льготы для населения; 2. обеспечение транспортной доступности. Разной в этих перечнях создавал определенную путаницу. В течение последних двух лет эти понятия разделены и имеют четкую сферу действия.

Во-первых, Постановлением Правительства РФ от 16 ноября 2021 г. № 1946 утвержден перечень Крайнего Севера и местностей, приравненных к районам Крайнего Севера, в целях предоставления государственных гарантий и компенсаций для лиц, работающих и проживающих в этих районах и местностях, и признаны утратившими силу 14 актов Правительства Российской Федерации и не действующими на территории Российской Федерации 4 акта Совета Министров СССР.

Во-вторых, принят Федеральный закон от 04.08.2023 № 411-ФЗ «О северном завозе», который регулирует отношения, связанные с осуществлением завоза грузов на территории с ограниченными сроками завоза грузов, расположенные в границах муниципальных образований, относящихся к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям, а также отношения, связанные с установлением цен на отдельные виды товаров, торговых надбавок к ценам на них, тарифов на отдельные услуги. В законе дано определение северного завоза, как комплекса мер, обеспечивающих снабжение населения и организаций особыми грузами на территориях, определенных законом. Структура понятий и определений, вновь вводимых настоящим законом, приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Понятия транспортно-логистической структуры северного завоза

Понятия, которые легли в основу закона «О северном завозе», позволяют целенаправленно создавать транспортно-логистическую систему северного завоза как комплекс организационных, транспортно-логистических мероприятий по регулярному, бесперебойному снабжению грузами, обеспеченными необходимыми финансовыми механизмами [1].

Президентом РФ определен срок введения в действие базового закона, который послужит основанием для разработки ряда документов, позволяющих гарантированно обеспечить население территорий услугами и товарами – 1 апреля 2024 года. Для его успешной реализации в конце 2023 г. правительство приняло Постановление Правительства РФ от 16 ноября 2023 г. № 1930 «Об утверждении перечня территорий северного завоза и Правил внесения изменений в перечень территорий северного завоза», в федерального координатора северного завоза определено Минвостокразвития (что не исключает участия других операторов). Подготовлены проекты нормативных актов о едином морском операторе северного завоза, о перечне грузов 1 категории.

Цель создания свода нормативно-правовых актов о северном завозе является удовлетворение потребностей населения и организаций на основе построения цепи поставок, гарантирующей доставку товаров и услуг в нужное место, в нужное время, в нужном количестве и по нужной цене. В основе транспортно-логистической системы лежат способы соединения процессов доставки в единую цепь материальной основой которой является инфраструктура. Поэтому, существенной частью свода нормативных документов является утвержденный Распоряжением Правительства РФ от 9 февраля 2024 г. № 286-р «Перечень объектов транспортно-логистической инфраструктуры, составляющих опорную сеть объектов транспортно-логистической инфраструктуры северного завоза».

Анализ объектов транспортно-логистической инфраструктуры северного завоза, приведенной в вышеназванном распоряжении, в отношении объектов, расположенных в зоне тяготения в бассейнах рек Обь, Енисей, Лена приведен в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Перечень объектов транспортно-логистической инфраструктуры, составляющих опорную сеть северного завоза в бассейнах рек Обь, Енисей, Лена

Субъект Российской Федерации	Вид инфраструктуры						
	Автомобильные дороги (общего пользования)			Аэропорты	Железнодорожные станции	Водные пути	
	Федерального значения	Регионального и межмуниципального значения	Местного значения			Морские и речные порты	Реки
Иркутская область	А-331 "Виллой" Тулун - Братск - Усть-Кут - Мирный - Якутск и Р-258 "Байкал" Иркутск - Улан-Удэ - Чита	25 ОП МЗ 25Н-056 "Иркутск - Усть-Ордынский - Жигалово", 25 ОП РЗ 25К-089 "Таксимо-Бодайбо", 25 ОП МЗ 25Н-152 "Жигалово - Казачинское", 25 ОП РЗ 25К-258 "Усть-Кут - Уоян", 25 ОП МЗ 25Н-260 "Киренск - Казачинское", 25 ОП МЗ 25Н-288 "Усть-Кут - Киренск" и 25 ОП МЗ 25Н-291 "Киренск - Орлова"	нет	Аэропорты Бодайбо, Ербогачен и Мама	Иркутск-Пассажирский, Иркутск-Сортировочный, Киренга, Лена, Лена (перев.), Лена-Восточная, Лена-Восточная (перев.), Усть-Илимск и Усть-Кут	Осетрово (Усть-Кут)	Реки Витим (на участке от устья р. Витим (п. Витим) до г. Бодайбо) и Лена (на участке от г. Усть-Кут до устья р. Лена)
Республика Алтай	Р-256 "Чуйский тракт" Новосибирск - Барнаул - Горно-Алтайск - граница с Монголией	84 ОП РЗ 84К-1 "Акташ - Улаган - Балыктуюль", 84 ОП РЗ 84К-5 "Балыктуюль - Балыкча", 84 ОП РЗ 84К-95 "Саратан-Язула" и 84 ОП РЗ 84К-106 "Улаган - Саратан"	нет	нет	нет	нет	нет
Республика Бурятия	нет	81-ОП-РЗ-81К-027 "Таксимо - Бодайбо", 81-ОП-РЗ-81К-030 "Северобайкальск - Даван" и 81-ОП-РЗ-81К-041 "Северобайкальск - Новый Уоян - Таксимо"	нет	нет	нет	нет	нет
Республика Саха (Якутия)	нет	98 ОП РЗ 98К-001 "Нижний Бестях (1157-й км а/д "Лена") - Амга - Усть-Мая - Эльдикан - Югоренок (а/д "Амга")", 98 ОП РЗ 98К-003 "Якутск - Покровск - Олекминск - Ленск - Пеледуй (а/д "Умнас")", 98 ОП РЗ 98К-004 "1163-й км а/д "Виллой" - Мирный - Удачный - Оленек - Саскылах - Юрюнг-Хая (а/д "Анабар")", 98 ОП РЗ 98К-006 "Бурустах (1058-й км "Колыма") - Сасыр - Угольное - Зырянка - Среднеколымск - Андрюшкино - Черский - граница Чукотского АО (а/д "Арктика")", 98 ОП РЗ 98К-007 "510-й км "Колыма" - Тополиное -	нет	нет	Беркамит, Золотинка, Нагорная-Якутская и Нерюнгри-Пассажирская Дальневосточной железной дороги, железнодорожные станции Алдан, Куранах, Кердем, Нерюнгри-Грузовая, Нижний Бестях и Томмот	Тикси, Зырянка, Ленск, Нижний Бестях, Нижнеянский, Олекминск, Усть-Куйга и Якутск	Алдан (на участке от р. Лена до г. Томмот), Амга (на участке от устья р. Амга (река Алдан) до п. Амга), Анабар (на участке от устья р. Анабар до п. Саскылах), Бытантай (на участке от устья р. Бытантай (р. Яна) до р. Улахан-Саккырыр), Виллой (на участке от устья р. Виллой (р. Лена) до п.

## ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Субъект Российской Федерации	Вид инфраструктуры						
	Автомобильные дороги (общего пользования)			Аэропорты	Железнодорожные станции	Водные пути	
	Федерального значения	Регионального и межмуниципального значения	Местного значения			Морские и речные порты	Реки
		Токума - Батагай - Усть-Куйга - Казачье - Нижнеянк (а/д "Яна"), 98 ОП РЗ 98К-008 "Усть-Нера - Хонуу - Белая Гора - Чокурдах - Русское Устье (а/д "Инди-гир")", 98 ОП РЗ 98К-009 "Батагай - Верхоянск - Батагай-Алыта (а.д. "Верхоянье")", 98 ОП РЗ 98К-013 "Кангалассы - Борогонцы" (а/д "Борогон"), 98 ОП РЗ 98К-020 "Северный - Кулар - Хайыр - Найба - Тикси (а/д "Булуң")", 98 ОП РЗ 98К-021 "Батамай - Сегян-Кюель - Себян-Кюель - Суордаах - Дулгалаах - 166-й км а/д "Верхоянье" (а/д "Себян")", 98 ОП РЗ 98К-023 "Усть-Куйга - Депутатский - Уянди - 682-й км "Инди-гир" (а/д "Усть-Куйга - Депутатский - Белая Гора)", 98 ОП РЗ 98К-024 "871-й км а/д "Арктика" - Сватай - Эбях - Кенг-Кюель - 701-й км а/д "Инди-гир" (а/д "Алазея")" и 98 ОП МЗ 98Н-008 "Усть-Куйга - Казачье - Кресты"					Сунтар), Колыма (на участке от п. Сеймчан до п. Черский), Индигирка (на участке от с. Хонуу до п. Немков), Олекма (на участке от устья р. Олекма (р. Лена) до р. Чара), Оленек (на участке от устья р. Оленек до с. Таймылыр), Чара (на участке от устья р. Чара (р. Олекма) до с. Токко) и Яна (на участке от устья р. Яна до г. Верхоянск)
Тюменская область	нет	71 ОП МЗ 71Н-505 "Вагай - Тукуз" и 71 ОП РЗ 71А-1601 "Тобольск - Вагай"	нет	нет	Тобольск-Порт и Тобольск Свердловской железной дороги, Лабытнанги и Лабытнанги (перев.)	нет	нет
Красноярский край	нет	нет	нет	нет	Абалаково, Базаиха, Енисей, Енисей (перев.), Злобино, Злобино (перев.), Красноярск, Красноярск-Восточный, Красноярск-Северный, Лесосибирск и Лесосибирск (перев.)	Диксон, Дудинка и Хатанга, Лесосибирск и Красноярск	нет
Омская область	нет	нет	нет	нет	Карбышево I, Карбышево II (перев.), Карбышево II, Омск-Восточный, Омск-Северный и Омск-Пассажирский Западно-	Омск	нет
Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	нет	нет	нет	нет	Приобье, Сургут и Сургут-Порт	нет	нет

Этот перечень является далеко не полным. Нет Ямало-Ненецкого округа, нет малых рек Оби и Енисея, нет многих портов реально участвующих в цепи поставок в отдаленные районы. Дополнение этого перечня должно производиться на основании предложений муниципальных органов власти. Однако представляется, что этому должны предшествовать разработки перспективных транспортно-технологических схем и рациональных транспортно-логистических систем.

Возможно, этот недостаток будет восполнен в опорной сеть объектов, которая определена Правительством РФ как «Совокупность объектов транспортно-логистической инфраструктуры, в том числе необщего пользования, необходимых для обеспечения регулярного,

бесперебойного снабжения населения территорий северного завода грузами северного завода (за исключением транспортных средств и контейнеров)»).

Размещенный Восточным центром государственного планирования в сети интернет цифровой двойник «Северного завода» находится в начале разработки и требует значительных уточнений [3]. Так практически исключен из рассмотрения внутренний транспорт, хотя он доставляет в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности 80 процентов от общего объема перевозок водным транспортом, а на морской флот приходится только 20 процентов. Представляется, что выполненная работа станет частью предусмотренной законом о северном заводе федеральной государственной информационной системы мониторинга северного завода. Такая централизованная информационная система должна функционировать на основе информационных технологий, программных и технических средств, обеспечивающих формирование, сбор, обработку, хранение, предоставление, размещение, использование и анализ информации о северном заводе. В настоящее время реализуется проект цифровой модели «Северный завод», который направлен на решение наиболее острых проблем северного завода – неэффективная логистика, а также отсутствие актуальной статистики в режиме реального времени. Республика Саха (Якутия) стала пилотным регионом для тестирования цифровой модели. Внедрение проекта цифровой модели «Северный завод» позволит обеспечить прозрачность перевозки грузов, повысить его эффективность, снизить риски, сократить стоимость доставки товаров, расширить их ассортимент, а также позволит оперативно управлять логистическими цепочками поставок социально значимых товаров в районы Крайнего Севера и приравненные к ним территории.

Для завершения комплекса мероприятий по северному заводу целесообразно продолжить работу по обоснованию создания региональных логистических центров и региональных операторов, совершенствованию целевых механизмов закупок и финансирования, вовлечению хозяйствующих субъектов в государственно-частное партнерство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «О северном заводе» от 04.08.2023 № 411-ФЗ [Электронный ресурс] – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_453883/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_453883/) (дата обращения 10.02.2024)
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 февраля 2024 г. № 286-р «Об утверждении перечня объектов транспортно-логистической инфраструктуры, составляющих опорную сеть объектов транспортно-логистической инфраструктуры северного завода» [Электронный ресурс] – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408424339/> (дата обращения 10.02.2024)
3. Восточный центр государственного планирования. Цифровой двойник «Северного завода» [Электронный ресурс] – URL: <https://landing.vostokgosplan.ru/severnoy Zavoz/> (дата обращения 10.02.2024)
4. Крюкова И.А., Стрельцова Е.Н., Масленников С.Н. Транспортный аспект в развитии понятия «Крайний Север» // В сборнике: Мир в эпоху глобализации экономики и правовой сферы: роль биотехнологий и цифровых технологий. Сборник научных статей по итогам работы круглого стола с международным участием. Москва, 2022. С. 20–23. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48540640&pff=1> (дата обращения 10.02.2024)
5. Костров В.Н., Бутченко В.Н., Коршунов Д.А., Домнина О.Л., Крепак С.В., Ничипорук А.О. Логистика смешанных перевозок монография / В.Н. Костров [и др.]; под ред. В.Н. Кострова. – Нижний Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. – 124 с. [Электронный ресурс] – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_43945310\\_86351907.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_43945310_86351907.pdf) (дата обращения 10.02.2024)

REFERENCES

1. Federal Law "On Northern Delivery" dated 08/04/2023 No. 411-FZ [Electronic resource] - URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_453883/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_453883/) (date of access 02/10/2024)
2. Order of the Government of the Russian Federation dated February 9, 2024 No. 286-r "On approval of the list of transport and logistics infrastructure objects that make up the support network of transport and logistics infrastructure objects of the northern delivery" [Electronic resource] - URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408424339/> (date accessed 02/10/2024)
3. Eastern center of state planning. Digital twin of "Severnoy Zavoz" [Electronic resource] - URL: <https://landing.vostokgosplan.ru/severnoy Zavoz/> (access date 02/10/2024)
4. Kryukova I.A., Streltsova E.N., Maslennikov S.N. Transport aspect in the development of the concept "Far North" // In the collection: The world in the era of globalization of the economy and the legal sphere: the role of biotechnologies and digital technologies. Collection of scientific articles based on the results of the round table with international participation. Moscow, 2022. pp. 20–23. [Electronic resource] - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48540640&pff=1> (access date 02/10/2024)
5. Kostrov V.N., Butchenko V.N., Korshunov D.A., Domnina O.L., Krepak S.V., Nichiporuk A.O. Logistics of mixed transportation monograph / V.N. Kostrov [and others]; edited by V.N. Kostrova. – Nizhny Novgorod: Publishing House of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "VGUVT", 2020. – 124 p. [Electronic resource] - URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_43945310\\_86351907.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_43945310_86351907.pdf) (access date 02/10/2024)

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Крайний Север, Северный завод, транспортно-логистическая инфраструктура.*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Масленников Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
*Хохлов Юрий Валерьевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
*Суховеева Ольга Олеговна, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## К ВОПРОСУ СОТРУДНИЧЕСТВА ВЫСШИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И ПРОФИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.И. Лещенко, В.А. Бобыльская, А.В. Мазгалева

### ON THE ISSUE OF COOPERATION BETWEEN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS AND SPECIALIZED ENTERPRISES

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

S.I. Leshchenko (Senior Lecturer of SSUWT)

V.A. Bobyl'skaya (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

A.V. Mazgaleva (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** In order to perform work professionally and efficiently, even specialists who have been working in their field for a very long time have to constantly study. And this is typical for all modern technical specialties. In these conditions, high-quality professional training of students is especially important. Unfortunately, most of the graduates of technical specialties are not ready for real production activities. There is a significant shortage of "literate" young professionals in many industries. Employers already perceive the need to "educate" the right specialists on their own as something normal, but the situation requires a solution!

One of the control points of the university's cooperation with employers is industrial practice, the duration of which, unfortunately, does not allow students to fully understand the workflow and establish themselves as a "useful working unit" capable of studying and meeting the requirements so much that they are invited to work after graduation.

It is necessary to bring training closer to real production activities – to cooperate with enterprises not only during the period of practical training, but also during the entire period of training future specialists.

---

**Keywords:** *Practical activity of the student, requirements of a potential employer, cooperation between the university and the enterprise.*

Чтобы профессионально и качественно выполнять работу даже специалистам, работающим в своей сфере очень долгое время, приходится постоянно учиться. И это характерно для всех современных технических специальностей. В этих условиях особенно важна качественная профессиональная подготовка студентов. К сожалению, большая часть выпускников технических специальностей оказывается не готова к реальной производственной деятельности. Во многих отраслях отмечен существенный дефицит «грамотных» молодых специалистов. Работодатели уже воспринимают необходимость самостоятельно «воспитывать» нужных специалистов как нечто нормальное, но ситуация требует решения!

Одной из контрольных точек сотрудничества вуза с работодателями является производственная практика, длительность которой, к сожалению, не позволяет студентам полноценно вникнуть в рабочий процесс и зарекомендовать себя как «полезную рабочую единицу», способную обучаться и соответствовать предъявляемым требованиям на столько, что их приглашают на работу после окончания университета.

Нужно приблизить обучение к реальной производственной деятельности – сотрудничать с предприятиями не только в период производственной практики, но и в течение всего срока подготовки будущих специалистов.

В современных условиях многие отрасли (особенно связанные с реальным производством, проектированием, эксплуатацией и другой инженерной деятельностью) столкнулись с целым рядом проблем, основными из которых являются:

– «дефицит» кадров. Понятие уже далеко не новое, широко освещается в масс-медиа. Особо остро данная проблема в сфере «реального» производства и инженерной деятельности. «Свободных» квалифицированных специалистов с реальным опытом выполнения работ на рынке труда крайне мало. Открытые вакансии на инженерные и рабочие специальности (особенно узкопрофильные) могут висеть и не заполняться годами;

– снижение квалификации кадров. По естественным причинам с рынка труда уходит старшее поколение специалистов, обладающее фундаментальными знаниями и огромным опытом выполнения разнообразных работ. Достаточно низкий набор по техническим специальностям, низкий проходной балл для поступления, закрытие «непопулярных» направлений подготовки и непродуманная переработка рабочих программ для их «осовременивания» привели к значительному падению качества инженерной подготовки студентов. Кроме того, в системе образования произошел значительный перекоп в сторону гуманитарных специальностей, компьютерных технологий и т.д. Поэтому приток молодых подготовленных кадров в сферу «реального производства» и инженерную деятельность очень невелик – это приводит

к падению общего уровня подготовки и профессионализма «в среднем» по направлениям деятельности.

– снижение «привлекательности» и престижности инженерных и рабочих специальностей. В сфере «реального производства» и инженерной деятельности по многим специальностям достаточно низкие уровни оплаты труда. Даже опытные сотрудники, не говоря уже о молодых специалистах, зачастую не могут похвастаться высоким уровнем доходов. Кроме того, в эру «блогеров» и «айтишников» просто «не модно» быть инженером.

– увеличение объемов работ. Все в этом мире стареет и разрушается. Ресурс, заложенный в советское, время постепенно подходит к концу. Стареют (физически и морально) и выходят из строя: коммуникации, линии связи, промышленные, социальные и жилые объекты, сооружения и оборудование и т.д. Объем работ по проектированию, эксплуатации, мониторингу, обслуживанию, ремонту и строительству этих активов постоянно увеличивается. А значит – увеличивается и нагрузка на специалистов соответствующих отраслей производственной деятельности.

В сложившихся условиях для крупных развивающихся организаций не выгодно ограничиваться общением и агитацией выпускников высших учебных заведений один раз в год при проведении «дня профессий». Целесообразно участвовать в самом процессе подготовки специалиста, в его обучении, и начинать работу как можно раньше!

Тысячи предприятий уже включились в эту «игру». При этом разные игроки используют разные методы: от прямого финансирования учебных заведений и целевой подготовки специалистов – до краткосрочных интернет-курсов, конкурсов и конференций. В любом случае происходит смещение интереса обучающихся в сторону более активных компаний. А «неинтересные» профессии рискуют остаться вообще без подготовленных кадров. То есть, проигрывает только тот, кто не участвует, кто пытается отсидеться, переждать и не вкладываться материально и физически в подготовку специалистов. Ведь по итогу придется выбирать из тех, кто остался, и затем самим обучать вновь принятых работников нужным навыкам.

Но могут ли учебные заведения и предприятия успешно сотрудничать на взаимовыгодных условиях без прямого финансового интереса? Может ли будущий работодатель с ограниченными финансовыми возможностями конкурировать с крупными российскими и международными предприятиями? На наш взгляд такое сотрудничество не только возможно, но и необходимо, при этом все преимущества такого сотрудничества можно разделить на три основных направления: практические, научные и репутационные (рисунок 1).

	Производственное предприятие	Высшее учебное заведение
Практические преимущества	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение отечественного и зарубежного опыта.</li> <li>2. Обработка массивов данных при выполнении НИР студентов.</li> <li>3. "Взгляд со стороны" на работу предприятия.</li> <li>4. Практическое использование наработок.</li> <li>5. Привлечение студентов на более ранних курсах. Формирование интереса к профессии.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ознакомление с конструкциями и особенностями эксплуатации действующих ГТС разных типов.</li> <li>2. Организация экскурсий, прохождение производственной практики.</li> <li>3. Возможность участия в выполнении реальных работ.</li> <li>4. Получение практических навыков использования приборов и оборудования.</li> <li>5. "Живое" общение со специалистами, эксплуатирующими действующие ГТС.</li> <li>6. Сбор информации для участия в конференциях, написания статей и ВКР.</li> <li>7. Закрепление теоретических знаний.</li> </ol>
Научные преимущества	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Формирование направленных исследовательских работ, имеющих практическую значимость.</li> <li>2. Выполнение НИР на действующих объектах.</li> <li>3. Привлечение сотрудников к практической деятельности.</li> <li>4. Повышение квалификации сотрудников в процессе участия в конференциях и написания статей.</li> <li>5. Разработка новых методов выполнения работ.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выполнение прикладных (практически значимых) НИР студентов.</li> <li>2. Выявление реальных проблем на действующих предприятиях.</li> <li>3. Возможность использования данных, накопленных за время эксплуатации действующих сооружений.</li> </ol>
Репутационные преимущества	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышение "узнаваемости" предприятия.</li> <li>2. Повышение "медийности" предприятия.</li> <li>3. Повышение "научности" предприятия.</li> <li>4. Формирование целевой аудитории.</li> <li>5. Мониторинг качества образовательных программ вуза и подготовки студентов.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Формирование практической направленности реализуемых в вузе образовательных программ.</li> <li>2. Формирование практически направленных дисциплин в учебном плане, курсов повышения квалификации преподавателей.</li> <li>3. Мониторинг востребованности знаний и навыков, приобретаемых студентами в вузе.</li> </ol>

Рисунок 1 – Преимущества сотрудничества производственного предприятия и высшего учебного заведения

Практические преимущества. Под практическими преимуществами будем понимать получение каких-либо материальных выгод непосредственно в процессе сотрудничества, таких как – снижение затрат на производство, повышение производительности и т.д.

Ожидаемые преимущества для производственного предприятия:

– изучение отечественного и зарубежного опыта, мониторинг развития теоретических знаний по интересующим направлениям. Для большинства организаций характерно достаточно консервативное отношение к новейшим технологиям и методам выполнения работ. Зачастую работы и процессы регламентированы, применяются проверенные технологии, приборы и оборудование, которые практически идентичны у всех участников, задействованных в данной отрасли. В этом случае использование передового отечественного и зарубежного опыта может дать определенное конкурентное преимущество. При этом, как у линейного персонала, так и у инженерного персонала, и руководства для качественной оценки не хватает времени, опыта, мотивации и желания. Преподавательский же состав, в силу специфики своей деятельности, более информирован о новых научных знаниях в своей отрасли. Сотрудничество производителей с учебными заведениями может позволить с минимальными затратами времени и усилий быть в курсе передовых технологий;

– обработка массивов данных при выполнении НИР студентов. В процессе эксплуатации сооружений накапливается огромное количество самой разнообразной информации. Как правило, большая часть работ выполняется по определенному стандарту, «шаблону», с использованием принятых методик и алгоритмов. Возникает эффект «переизбытка» информации, когда она используется лишь частично. Осмысленная, направленная работа со студентами в рамках выполнения научно-исследовательских работ позволит шире, по-новому взглянуть на полученные данные – поискать новые связи между характеристиками, выявить недоиспользованные или вовсе неиспользуемые данные и предложить направление их использования;

– «взгляд со стороны» на работу предприятия. Студент при прохождении практики, в отличие от персонала организации, является лицом более независимым и зачастую более объективным при оценке некоторых моментов в работе организации. Суждения внешнего наблюдателя иногда могут быть очень полезны для выявления проблемных моментов. Наиболее интересен «взгляд со стороны» на такие вопросы – внутренняя атмосфера, взаимоотношения между разными подразделениями и специалистами, качество организации процесса обучения и доброжелательность по отношению к самому студенту, соответствие учебных программ уровню требований к молодым специалистам на производстве и т.д.;

– практическое использование наработок. Все полученные при прохождении производственной практики и в ходе выполнения НИР практически значимые данные, наработки и методики могут быть использованы обеими сторонами. Учебным заведением – для использования в учебном процессе или для продолжения научных исследований; предприятием – для практического использования в производственной деятельности;

– привлечение студентов в отрасль на более ранних курсах. Формирование интереса к профессии. К изучению специальных дисциплин студенты приступают, в основном, с третьего года обучения. Производственная практика, когда у них есть реальная возможность попробовать себя в выбранной профессии – после окончания третьего курса. К этому моменту, к сожалению, часть студентов уже теряет интерес к учебе, к выбранной профессии. Многих успевают убедить, что в реальности нужны только «корочки», а работать их научат уже на предприятии. То есть, даже если удастся снова заинтересовать студента, часть учебного процесса уже потеряна. Сотрудничество предприятия с учебным заведением позволит привлечь внимание студента уже на начальных курсах, заинтересовать и стимулировать получить качественное образование.

Для учебного заведения:

– ознакомление с конструкциями и особенностями эксплуатации действующих сооружений разных типов (на примере профиля подготовки «Гидротехническое строительство» уровня бакалавриат). Студенты изучают большое количество теоретических дисциплин, но при этом не видят и не понимают связи между ними и не могут полученные знания соотнести с реальными сооружениями. Если повезет, будет организована разовая кратковременная ознакомительная экскурсия на несколько крупных ГТС (для г. Новосибирска это Новосибирская ГЭС, шлюз, водозабор или очистные сооружения). Это не меняет ситуацию в корне в лучшую сторону. В пределах городской черты и в ближайших пригородах расположены сотни различных гидротехнических сооружений, которые при сотрудничестве с эксплуатирующими

предприятиями могут быть включены в учебный процесс (в рамках основного учебного курса или в виде дополнительных курсов, НИР);

- организация экскурсий, прохождение производственной практики. Сотрудничество с отраслевыми предприятиями в процессе обучения не только существенно упрощает процессы организации ознакомительных экскурсий и прохождение производственной практики, но и значительно повышает их эффективность и качество за счет заинтересованности всех сторон в достижении результата;

- возможность участия в выполнении реальных работ. При прохождении производственной практики студент имеет возможность поучаствовать в выполнении реальных производственных задач, но при этом не нужно ограничиваться одной работой или давать студенту реальное задание. Грамотно составленная программа производственной практики должна позволить студенту познакомиться с разными выполняемыми работами для закрепления полученных теоретических знаний;

- получение практических навыков использования приборов и оборудования. Как правило, приборный парк и программное обеспечение крупного действующего предприятия значительно разнообразнее (а зачастую и современнее) чем в учебном заведении. Правильно организованный процесс сотрудничества позволяет студентам получить практические навыки работы с современным оборудованием;

- «живое» общение со специалистами, эксплуатирующими реальные действующие сооружения. При правильно организованной производственной практике и учебном процессе студенты должны знакомиться с разными направлениями деятельности и разными специалистами включая смежные направления. Это позволит студентам глубже понять специфику данной профессии, ее важность и взаимосвязь с другими направлениями. Очень важным является общение практикантов с молодыми специалистами, работающими в отрасли недавно;

- сбор информации для участия в конференциях, написания статей и ВКР. При прохождении производственной практики студент может самостоятельно получить уникальные, неповторимые, персонифицированные данные, которые в дальнейшем могут быть использованы для подготовки докладов, написания статей, выполнения НИР или написания и защиты выпускной квалификационной работы;

- закрепление теоретических знаний. Теоретические знания, не подкрепленные практическими навыками, фактически бесполезны. Лабораторные работы и решение задач на практических занятиях не способны качественно и полностью справиться с данной задачей – нужные практические навыки могут быть получены только при знакомстве с реальными сооружениями и работающими в данной отрасли специалистами.

Научные преимущества. Под научными преимуществами будем понимать получение в процессе сотрудничества нематериальных выгод, способствующих получению новых научных знаний, разработке новых методов выполнения работ или повышению профессионализма и образованности участников.

Ожидаемые преимущества для производственного предприятия:

- формирование направления исследовательских работ. В процессе производственной деятельности появляется большое количество интересных вопросов и тем, на проработку которых у персонала не хватает времени, опыта или желания. Предприятие имеет возможность выбора наиболее интересных и актуальных тем и их проработки в ходе производственной практики или выполнения НИР;

- выполнение НИР на действующих объектах. Выбор в качестве объекта исследования при выполнении НИР студентами конкретного «проблемного» объекта позволяет выполнить его предварительное исследование, очертить круг наиболее важных вопросов и наметить возможные пути их решения. В рамках НИР возможно наиболее эффективное опробование на реальных объектах новых технологий, оборудования и методик обработки данных, усовершенствование существующих или поиск новых решений известных проблем;

- привлечение сотрудников к научной деятельности. На любом предприятии есть небольшой процент сотрудников, которым не интересна однообразная рутинная работа, им нравится постоянно учиться чему-то новому и получать новые знания, нравится сам процесс творческого поиска решения необычных новых задач. Привлечение таких сотрудников к выполнению НИР студентов позволяет не только реализовать их творческий потенциал, но и повысить собственный уровень профессионализма. Кроме того, на предприятиях есть целый ряд сотрудников (главные инженеры, ведущие специалисты) в должностные обязанности

которых входит непосредственно научное сопровождение выполняемых работ. Для них участие в НИР – это отработка соответствующих навыков, что особенно полезно при стажировке и вступлении в должность;

- повышение квалификации сотрудников. Для участия в конференции или написания статьи необходимо выбрать тему исследования, собрать требуемую информацию, проанализировать и структурировать данные, написать статью или подготовить доклад – все это требует значительных умственных усилий. Творческая умственная работа приводит к расширению профессионального кругозора и упорядочению знаний и навыков, увеличивает доступный для решения практических задач инструментарий и приводит к повышению профессионализма;

- разработка новых методов выполнения работ. При выполнении НИР мы сами назначаем цели и сроки выполнения работ. Сами являемся руководителем, исполнителем и конечным потребителем полученных результатов. То есть имеем возможность без ущерба для основных производственных задач опробовать новые методики и методы выполнения работ.

Для учебного заведения:

- выполнение прикладных (практически значимых) НИР студентов. НИР – это важная часть процесса обучения студентов, которая позволяет оценить творческий подход к решению какой-либо проблемы. Часто наиболее сложной задачей становится выбор достаточно важной и интересной темы для исследования. При проектировании, эксплуатации и мониторинге реальных сооружений ежедневно возникает большое количество вопросов. И большинство из этих вопросов могут стать отдельной темой исследования;

- выявление реальных проблем на действующих предприятиях. Работа со студентами на конкретном объекте или над конкретной задачей помогает взглянуть на них под другим углом, упорядочить и систематизировать имеющуюся информацию. Активная проработка вопросов со студентами иногда позволяет полностью переосмыслить подход к решению проблемы, выявить новые слабости и недочеты, найти пути их устранения;

- возможность использования данных, накопленных за время эксплуатации реальных сооружений. За время эксплуатации сооружений накапливается огромный объем данных, характеризующих практически все аспекты их работы в самых разных ситуациях. Большая часть данных просто накапливается в архивах и не используется для анализа, то есть, на многих объектах накоплен огромный объем потенциально полезной и для предприятия, и для науки информации, которая просто лежит «мертвым грузом». Сотрудничество предприятия и учебного заведения может позволить хотя бы частично включить эти массивы данных в научный оборот с получением взаимной выгоды.

Репутационные преимущества. Под репутационными преимуществами будем понимать получение каких-либо выгод, которые сиюминутно, непосредственно в процессе сотрудничества, могут не иметь практического значения, но в дальнейшем могут значительно усилить позиции участников за счет улучшения репутации в глазах всех заинтересованных сторон, формирования более привлекательного имиджа, повышения лояльности сотрудников, признания среди потребителей и конкурентов.

Ожидаемые преимущества для производственного предприятия:

- повышение «узнаваемости» предприятия. Студент не оторван от жизни общества. В процессе общения в семье, в кругу друзей, в образовательном учреждении или в процессе повседневных дел он постоянно получает огромный объем самой разнообразной информации. Безусловно, он получает информацию и о потенциальных работодателях, но, как правило, эта информация является не акцентированной, не интересной, краткой и просто теряется в потоке другой информации, в повседневном «шуме». При правильно организованном сотрудничестве мы получаем возможность в процессе изучения разных дисциплин акцентированно показать студенту организации, которые эти знания используют в процессе своей производственной деятельности. Многократное акцентированное упоминание предприятий в прямой связи с изучаемыми дисциплинами и получаемыми данными может значительно повысить уровень заинтересованности их деятельностью;

- повышение «медийности» предприятия. Средства массовой информации и социальные сети оказывают значительное влияние на имидж предприятия у населения, поэтому для формирования положительного образа крупные организации планируют и проводят социально направленные, спортивные, рекламные и другие мероприятия (с обязательным присутствием репортеров), создают собственные сайты и новостные порталы, стимулируют

активность работников в социальных сетях и т.д. Студенты – это одна из наиболее активных социальных групп, именно в этой среде эффективнее всего создавать активные группы. При этом, как показал опыт, молодежь уже трудно удивить игрой в КВН, викторинами и чем-то подобным, а вот интересно организованные и грамотно проведенные экскурсии на производство, встречи с экспертами, конференции, связанные с будущей профессией, вызывают живой интерес;

- повышение «научности» предприятия. Активное участие сотрудников предприятия-партнера в конференциях и участие в публикациях научных статей несомненно придаст ему значимости среди конкурирующих организаций. Кроме того, прикладной характер исследований позволит существенно повысить профессиональный уровень активных сотрудников;

- формирование целевой аудитории. Многие крупные организации активно работают в информационном поле, чаще всего это развитие корпоративных интернет-ресурсов, проведение различных социальных мероприятий с освещением в СМИ и создание групп в социальных сетях. Важным является направленное формирование целевой аудитории в студенческой среде – для этого на начальном этапе можно просто поддерживать наиболее активных студентов, организовать специализированные группы с созданием благоприятных условий для углубленного изучения специальности: посещение реальных объектов, общение со специалистами, участие в конкурсах, конференциях и корпоративных мероприятиях и т.д. Активное освещение результатов деятельности группы на портале учебного заведения и в социальных сетях поможет сделать направление подготовки более популярным и востребованным, повысит мотивированность обучающихся и узнаваемость предприятия-партнера;

- мониторинг качества существующих образовательных программ и знаний студентов. Взаимодействуя со студентами в ходе обучения или при прохождении производственной практики, работодатель может заранее оценить их уровень подготовки и компетентность, кроме того, работая с группой студентов на протяжении нескольких лет на постоянной основе, можно оценить и направление подготовки (специальность) в целом, его специфику, слабые и сильные стороны. А при налаженной обратной связи – и повлиять на состав или содержание изучаемых дисциплин, что позволит оперативно устранять слабые стороны подготовки студентов.

Для учебного заведения:

- мониторинг востребованных в производственной деятельности знаний и навыков, приобретаемых студентами в вузе. Прямой контакт с будущими потенциальными работодателями позволяет понять какие практические знания и навыки требуются сейчас и будут востребованы в перспективе, а также оценить соответствие учебных дисциплин требованиям реального производства;

- формирование практической направленности реализуемых в вузе образовательных программ. Задачи, решаемые на практических и лабораторных занятиях, могут быть максимально приближены к реальным производственным задачам или выполняться на основе данных, полученных на реальных эксплуатируемых сооружениях. Кроме того, постоянная взаимосвязь теоретической (лекционной) части обучения с практическим закреплением на реальном предприятии позволит сформировать «живые» направления подготовки с востребованными на рынке труда выпускниками.

- формирование практически направленных дисциплин в учебном плане, курсов повышения квалификации преподавателей. По итогам мониторинга востребованных в производственной деятельности знаний и навыков на базе существующих образовательных программ могут быть организованы новые дисциплины или факультативы. Очень важным для производственных предприятий вопросом является формирование специализированных узконаправленных курсов повышения квалификации ведущих преподавателей.

Обобщая все сказанное выше, можно сказать, что сотрудничество высшего учебного заведения и действующих предприятий является насущной необходимостью для обеих сторон, и даже при минимальных финансовых затратах может значительно повысить как качество обучения студентов, так и профессиональный уровень работников, а также принесет ощутимые репутационные преимущества, а значит – это эффективное вложение сил и средств в будущее!

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Практическая деятельность студента, требования потенциального работодателя, сотрудничество вуза и предприятия.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Лещенко Сергей Иванович, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Бобыльская Виктория Александровна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Мазгалеева Ада Владимировна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

*630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

---

## **КУРС «СОЦИАЛЬНЫЕ И ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА» В ТРАНСПОРТНОМ ВУЗЕ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**Т.Е. Зинченко, В.А. Егоров, Д.К. Кудряшова, К.С. Лысяк, А.А. Рожкова**

**COURSE “SOCIAL AND PHILOSOPHICAL PROBLEMS OF THE INFORMATION SOCIETY” AT THE TRANSPORT UNIVERSITY**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**T.E. Zinchenko** (Ph.D. in Cultural, Assoc. Prof. of the Department «Philosophy, History and Law» of SSUWT)

**V.A. Egorov** (Master's student of SSUWT)

**D.K. Kudryashova** (Master's student of SSUWT)

**K.S. Lysyak** (Master's student of SSUWT)

**A.A. Rozhkova** (Master's student of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** The article is devoted to those issues that are key in the course devoted to social and philosophical problems of the information society. in the preparation of master's students at a transport university. The paper examines the futurological concept of Alvin Toffler, the theory of the technotronic society of Zbigniew Brzezinski, the critical study of the information society of Frank Weber, and the contribution of Andrei Nikolaevich Kolmogorov to the development of computer science and cybernetics.

---

**Keywords:** *Information society, technotronic society, information processes, nature of work, communication processes.*

Статья посвящена тем вопросам, которые являются ключевыми в курсе, посвященном социальным и философским проблемам информационного общества. при подготовке магистрантов транспортного вуза. В работе рассматриваются футурологическая концепция Элвина Тоффлера, теория технотронного общества Збигнева Бжезинского, критическое исследование информационного общества Фрэнка Уэбера, вклад Андрея Николаевич Колмогорова в развитие информатики и кибернетики.

Выпускник технического вуза, особенно если это касается второй ступени высшего образования, должен понимать проблемы того общества, в котором он живет. И именно эти проблемы призван раскрыть курс «Социальные и философские проблемы информационного общества».

В современном мире информационные технологии играют важную роль в различных сферах жизни общества. Информационное общество – это понятие, которое отражает изменения, происходящие в обществе в результате активного использования информационных технологий. Однако, чтобы полноценно исследовать информационное общество, необходимо учесть различные аспекты его определения. Информационные технологии имеют значительное влияние на все аспекты жизни общества, начиная от повседневных задач до решения глобальных проблем. Поэтому изучение информационного общества является важной задачей для социологии, экономики и других наук.

В советское время инструментом осмысления общественных процессов служила философия марксизма, которая в конце XIX нач. XX в. имела успех, поскольку представляла историю человечества как упорядоченный процесс, где каждое событие имело свое место, смысл, причины. Но во второй половине XX в. стала формироваться социальная реальность, плохо вписывающаяся в теорию общественно-экономических формаций. Изменения коснулись практически всех сфер жизни общества: разделения труда, социальные отношения, технологии и многое другое. Как назвать это новое состояние, в котором оказались наиболее развитые государства, исследователи не могли прийти к консенсусу. Появляются такие понятия как постиндустриальное общество, технотронное общество и, наконец, информационное общество.

Американский философ и социолог Элвин Тоффлер в книге «Третья волна»[1], которая впервые была опубликована в 1980 г., предложил концепцию, основанную на том, что общество и технологии находятся во взаимодействии, что происходят взаимосвязанные преобразования, вызываемые развитием науки и техники. Он предположил, что ускорение

изменений станет основным двигателем развития современного мира. Тоффлер выделил три основных волны изменений, каждая из которых сопровождается своим характером.

Первая волна – аграрная революция, характеризовалась установлением аграрного общества, основанного на земледелии и феодальных отношениях. Эта эпоха уступает место промышленной революции – второй волне. Общество приобретает индустриальный характер, ключевыми изменениями становятся развитие фабричного производства и массовой механизации. Как пишет Тоффлер, «уголь, железные дороги, текстиль, сталь, автомобили, резина, станкостроение – все это классические отрасли производства Второй волны».

Третья волна описывает изменения, происходящие в мире в конце XX-го века, которые существенно отличаются от предшествующих эпох. В то время как первая волна была связана с переходом от охоты и собирательства к земледелию и хозяйству, а вторая волна – с наступлением промышленной революции и развитием массового производства, третья волна представляет собой новый этап в истории человечества.

Особенностью третьей волны является информационная революция и внедрение новых технологий, которые окончательно изменили жизнь людей. Электроника и компьютеры, считал Тоффлер, изменили характер труда, проложили путь к новой техносфере. То, что описал философ как образ будущего, стало действительностью, мы видим, что различные технологии связи позволяют людям обмениваться информацией практически мгновенно и устанавливать контакты с другими людьми по всему миру. Это привело к развитию глобализации и созданию глобальной сети, в которой международное общение и взаимодействие стали намного проще и быстрее.

Одна из наиболее значимых черт третьей волны – это изменение экономической модели. Вторая волна характеризовалась массовым производством стандартизированных товаров, а третья волна базируется на производстве индивидуальных продуктов и услуг, ориентированных на конкретных потребителей. Благодаря развитию технологий и повышению уровня автоматизации, люди стали иметь больше возможностей выбора и доступа к индивидуальным услугам, наметилась тенденция к демассификации.

Еще одним аспектом третьей волны является изменение в организации труда. Традиционные иерархические структуры уступают место гибким и децентрализованным формам управления. Фрилансеры и представители различных профессий все больше предпочитают работать на себя или присоединяться к гибким командам, в то время как организации все чаще опираются на внешних поставщиков и подрядчиков.

Кроме того, третья волна включает в себя идеологические и социальные трансформации. Индивидуализм и плюрализм становятся основными ценностями, а общество призывает к толерантности и уважению к различиям. Меняется отношение к собственности и потреблению, ставки делаются на обмен информацией и услугами. Тоффлер показал, третья волна – это не только научно-технологический прорыв, но и новая эпоха в развитии человеческого общества.

Американский политолог, дипломат и государственный деятель Збигнев Бжезинский назвал нарождающееся новое состояние общества технотронным. В своей концепции он подчеркивает важность технологического развития и его влияние на международные отношения и мировую политику.

З. Бжезинский определяет технотронное общество как форму общества, где научно-технический прогресс основывается на использовании знаний и высоких технологий во всех сферах жизни [2]. Технотронное общество характеризуется интенсивным процессом технического развития и высоким уровнем индустриализации. Оно представляет собой новую эпоху развития, где технологии стали центральным элементом в организации и функционировании общества. Оно имеет как позитивные стороны, так и негативные, и требует разумного управления и регулирования для обеспечения равенства возможностей и сохранения ценностей человеческого общества.

Автор концепции технотронного общества подчеркивает, что описываемое им общество приводит к возникновению новых отраслей промышленности и сфер услуг, развитию инноваций и повышению производительности труда. Рост экономики в технотронном обществе обусловлен использованием новых технологий, автоматизацией и диверсификацией производства.

Технотронное общество также влияет на экономику через глобализацию и

международную интеграцию. Развитие информационных и коммуникационных технологий позволяет компаниям работать и взаимодействовать на мировом рынке. Это создает новые возможности для экспорта товаров и услуг, привлечения иностранных инвестиций, развития международных цепочек поставок и увеличения объема торговли. Однако, Бжезинский отмечает, что у государств, которые не могут адаптироваться к новым требованиям технотронного общества, может возникнуть экономическая неравенство и угроза социальной нестабильности.

Согласно Бжезинскому, технотронное общество также влияет на экономику через изменение структуры рабочих мест. Рост автоматизации и использование искусственного интеллекта приводят к автоматизации и замещению некоторых видов работ. В результате, некоторые профессии становятся ненужными, а новые требуют высоких навыков и образования. Это может создать вызовы в сфере занятости и требовать перекалфикации и подготовки рабочей силы к новым технологиям и требованиям рынка.

Мыслитель отмечает, что в технотронном обществе происходит размыкание связей между сословиями и классами. Развитие технологий требует специалистов, исключая широкое распространение непрофильных знаний. В результате возникает новое общество, основанное на знаниях, экспертизе и специализации.

Бжезинский указывает на ряд проблем, возникающих в технотронном обществе. Одной из них является растущая зависимость людей от технологий и возможность их злоупотребления. Технотронное общество также создает новые экологические проблемы и вызывает социальные неравенства, так как не все имеют доступ к новым технологиям. Также автором подчеркивается, что технотронное общество вызывает изменения в политической сфере и международных отношениях. Технологии обеспечивают глобальную связь и ускорение обмена информацией, влияя на политические структуры, конфликты и внешнюю политику государств.

Следует отметить, что технотронное общество представляет собой современный этап развития общества, где технологический прогресс играет основополагающую роль. Это общество характеризуется высокой степенью технической детерминации и ростом влияния науки и техники на все сферы жизни.

Одним из ключевых элементов концепции технотронного общества является возникновение нового класса – технократической элиты, которая замещает традиционные общественные элиты. Данный класс основывается на научных и технических знаниях, и его власть и привилегии основаны на умении работать с информацией и преобразовывать ее в инновационные технологии.

В условиях технотронного общества, происходит переход от экономической власти к научно-технической власти. Это означает, что успешность государств и их политические цели прямо зависят от уровня развития науки и технологий. Бжезинский считал, что основной задачей политического лидера в технотронном обществе является создание мощной научно-технической базы и направление этих сил на достижение государственных целей.

Также важно отметить, что концепция технотронного общества вызывает различные осложнения и риски. Одним из главных рисков является усиление неравенства между различными слоями населения. Недоступность новых технологий для бедных и малообеспеченных групп может привести к увеличению социальных противоречий и конфликтов.

Так же стоит отметить предупреждения Бжезинского о возможных отрицательных последствиях такого развития. Он указывает на потерю человеческого фактора и растущую зависимость общества от технологий, что может привести к потере своей самобытности, индивидуальности и ценностей.

Однако, несмотря на осложнения, концепция технотронного общества предлагает большие возможности для экономического и социального развития. Своевременное внедрение новых технологий и научных исследований может способствовать снижению бедности, повышению уровня образования и улучшению качества жизни общества в целом.

Мыслителем, который выступил с критикой теорий информационного общества, является ныне живущий британский социолог и философ Фрэнк Уэбстер. В своих работах он анализирует различные социальные теории и их следствия [3]. Одной из основных мишеней его критики различных теорий является технологический детерминизм, идея о том, что технологические изменения определяют все остальные аспекты социальной жизни.

Фрэнк Уэбстер считает, что существующие теории информационного общества упрощают сложные взаимосвязи между технологией и обществом, представляя их как однонаправленные. Он подчеркивает, что технология и социальные факторы взаимодействуют друг с другом, влияя друг на друга и формируя друг друга.

Он утверждает, что игнорирование социальных и культурных факторов может привести к неправильным выводам о влиянии технологии на общество. Вместо этого он предлагает рассматривать технологию как один из нескольких факторов, которые влияют на социальную жизнь, утверждает, что социальные и культурные факторы также играют важную роль в формировании научных и технологических изменений. Он также исследует вопросы этики и ответственности в контексте развития науки и технологий.

В книге "Теория информационного общества" Фрэнк Уэбстер поднимает вопрос о появлении термина информационное общество, а также подвергает анализу концепции информационного общества. Автор выделяет пять определений информационного общества:

- технологическое;
- экономическое;
- связанное со сферой занятости;
- пространственное;
- культурное.

Технологическое определение информационного общества – это тот вид социальной организации, в котором информационные технологии играют центральную роль. Появление компьютеров и Интернета существенно изменило способы взаимодействия людей и обмена информацией.

В центре технологической концепций лежит множество технологических инноваций. Уэбстер отмечает, что идея данной концепции заключается в том, что объём технологических новаций должен был привести к социальному переустройству, так как их воздействует на общество возросло.

Однако несмотря на то, что технологии являются определяющим чертами нового общества, можно также заметить, что представления, сторонников данной концепции, о технологиях довольно расплывчатые. Возникает сложность измерения в каком месте общество достигнет того, что его можно будет назвать информационным.

Обратив внимание на разные стороны данных критериев, в настоящее время можно выделить следующие плюсы и минусы:

Плюсы: информационное общество характеризуется интенсивным использованием информационных и коммуникационных технологий, что обеспечивает быстрый и удобный доступ к информации, улучшает коммуникации, обмен данными и знаниями.

Минусы: технологический прогресс не доступен всему населению и может привести к появлению неравенства доступа к информации. Также возникает угроза конфиденциальности и безопасности информации.

Экономическое определение информационного общества – это общество, основанное на знаниях, где информация является основным ресурсом и знания являются главной составляющей экономики. Информационные технологии позволяют эффективно использовать информацию и знания для создания и распределения материальных и нематериальных благ. Данный подход предполагает учёт роста экономической ценности информационной деятельности.

Критерий, связанный со сферой занятости рассматривает структуру занятости населения и модели наблюдаемых изменений. Сфера занятости сильно изменяется в информационном обществе. Подразумевается, что большинство занятых работ в информационной сфере, а множество новых профессий и специализаций появляются в результате развития информационных технологий. Одновременно с этим, некоторые профессии исчезают или изменяются. Информационное общество требует новых навыков и компетенций у работников.

Отличительной чертой данного общества считались информационные и коммуникативные технологии. Информация стала основным фактором развития общества, поскольку благосостояние достигается не физическими усилиями, а умственными. Но у данного критерия возникает следующая проблема – определение информационных работников в сферах деятельности человека. На данный момент можно отметить, что большая часть профессий имеет связь с информационным обществом.

Пространственное определение информационного общества появилось с появлением

информационной сети. Информационные сети существуют очень давно, начиная с почтовой связи, телеграф, телефона и другого. Вследствие этого возникает пространственный критерий, основанный на географическом принципе. В информационном обществе границы становятся не такими значимыми благодаря развитию информационных технологий и виртуальных миров. Люди могут взаимодействовать и работать удаленно, несмотря на географическое расстояние. Это также влияет на образование, культуру и другие аспекты общества.

Стоит отметить, что у данной концепции, также как и у других имеются недочеты, связанные с неточностью и расплывчатостью определений.. Например, как отмечает Уэбстер, когда сеть становится сетью? Какие объёмы информации и скорость передачи определяет наступление информационного общества и почему?

Но несмотря на то, что точно ответить на данные вопросы нет возможности, стоит отметить, что значительная часть экономической, общественной и политической деятельности просто нельзя представить без информационных сетей.

Культурный критерий, предложенный Уэбстером, указывает на необходимость анализа влияния информационных технологий на культуру и общественную жизнь. Развитие информационных технологий приводит к изменению культурных ценностей, образа мышления, коммуникационных практик и установившихся общественных структур.

Информационные технологии и коммуникационные процессы влияют на формирование новых форм культуры, как в массовой, так и в индивидуальной сфере. Возникновение новых средств коммуникации, таких как интернет, социальные сети и мобильные устройства, меняет способы общения, потребления информации и участия в культурных практиках. Культурный критерий не должен рассматриваться исключительно в контексте позитивного влияния информационных технологий. Стоит обратить внимание на возможные негативные последствия, таких как эксплуатация информации, потеря личной приватности и возникновение новых форм неравенства доступа к информации.

Кроме уже названных, среди теоретиков постиндустриального общества, составной частью которого является информационное, следует назвать Даниеля Белла, Питера Дракера, Маршалла Маклюэна и др.

Очевидно, что все теории информационного общества были бы невозможны, если бы великие умы не создали новую реальность под названием «информационные технологии», которые настолько изменили общество, культуру, образ жизни, что современный человек не мыслит себя без них. Одним из отечественных математиков, внесших значительный вклад в развитие информатики, был Андрей Николаевич Колмагоров, которому 25 апреля 2023 г. исполнилось 120 лет со дня рождения. Он является одним из самых известных и уважаемых математиков двадцатого века. Его вклад в развитие математических наук и кибернетику сложно переоценить. Один из создателей кибернетики Норберт Винер называл Колмогорова своим учителем [4]. В своих работах математик вывел ряд фундаментальных понятий и теорем, которые стали основой для развития современных информационных технологий.

Одним из ключевых достижений Колмогорова является его работа в области теории алгоритмов и вычислимости. Он доказал знаменитую теорему о неразрешимости проблемы остановки, которая показывает, что не существует общего алгоритма для решения вопроса о том, остановится ли данная программа или нет. Эта теорема стала одним из основных результатов теории алгоритмов.

Еще одним важным достижением отечественного ученого стала его работа в области информационной теории. Он ввел понятие, названное «Колмогоровской сложности», которое позволяет измерить сложность строки данных. Этот показатель используется для определения степени случайности или непредсказуемости данных, что важно для многих приложений, связанных с обработкой информации.

Работы Колмогорова оказали значительное влияние на развитие многих областей науки и технологий, в том числе и тех, которые связаны с кибернетикой. Например, его исследования в области алгоритмов и вычислимости оказали огромное влияние на развитие информатики и программирования. Без его разработок было бы невозможно создание многих современных компьютерных программ и алгоритмов.

Идеи отечественного математика способствовали проведению исследований по созданию искусственного интеллекта и нейросетей. Его вклад в области информационной теории и алгоритмов сжатия данных легли в основу многих современных методов обработки

и анализа данных, которые используются в нейросетевых моделях.

Кроме того, труды ученого повлияли на развитие робототехники и автоматизации. Его исследования алгоритмов и вычислимости помогли разработать новые методы управления роботами и автоматическими системами, а также улучшить их эффективность и точность.

Идеи Колмогорова остаются актуальными и значимыми для современного этапа развития кибернетики и смежных наук по нескольким причинам. Во-первых, его работы заложили основы для развития многих современных областей науки и технологии, таких как информатика, программирование, искусственный интеллект, нейросети и робототехника. Многие из его теорем и методов до сих пор используются в этих областях.

Во-вторых, его идеи продолжают вдохновлять ученых и инженеров на создание новых технологий и решений. Например, его теорема о неразрешимости проблемы остановки – стала основой для разработки многих современных алгоритмов и методов обработки данных. А понятие «Колмогоровской сложности» используется для оценки сложности и эффективности алгоритмов и программ.

В-третьих, представляют интерес не только для ученых и инженеров, но и для философов и социологов. Они помогают понять, как кибернетические системы взаимодействуют с окружающей средой и как они могут быть адаптированы для решения различных задач.

Вклад Колмогорова в науку и технологию продолжает оставаться актуальным и значимым, и его идеи могут быть развиты и применены в ряде направлений.

Одно из возможных направлений – это дальнейшее исследование алгоритмов сжатия данных и кодирования информации, разработанных Колмогоровым. Эти алгоритмы могут быть усовершенствованы и адаптированы для сжатия и обработки больших объемов данных, особенно в областях искусственного интеллекта, машинного обучения и нейросетей.

Другое направление – это разработка новых методов управления роботами и автоматическими системами на основе алгоритмов Колмогорова. Это может привести к созданию более эффективных и точных систем управления, которые смогут адаптироваться к изменяющимся условиям и выполнять сложные задачи.

Также возможно исследование влияния идей Колмогорова на развитие новых областей науки, таких как биоинформатика, нанотехнологии и квантовые вычисления. Его работы могут помочь понять, как эти новые технологии могут взаимодействовать с окружающей средой и какие возможности они могут предоставить для решения сложных проблем.

Работы Андрея Дмитриевича Колмогорова внесли значительный вклад в развитие кибернетики и связанных с ней областей науки и технологии. Еще одним из «отцов кибернетики» в СССР справедливо считают Акселя Ивановича Берга. Взаимосвязь информационных потоков и самоорганизации в обществе исследовались Дмитрием Сергеевичем Чернавским. Оригинальный взгляд на природу информации предложил в своей концепции Аркадий Дмитриевич Урсул.

В заключение отметим, что курс «социальные и философские проблемы информационного общества» является важнейшей составляющей учебного процесса, помогающий обучающимся понять состояние современного общества, существующие в нем проблемы, а также осознать перспективы на будущее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тоффлер Э. Третья волна / Э. Тоффлер. – М. : АСТ, 2002. – 776 с.
2. Brzezinski Z. Between Two Ages. America's Role in the Technotronic Era. N. Y.: The Viking Press, 1970. P.9.
3. Узбстер Ф. Теории информационного общества. - М. : аспект Пресс, 2004. - 400 с.
4. Колмогоров в воспоминаниях учеников: Сб. ст. / Ред.-сост. А.Н. Ширяев. М.: МЦНМО, 2006. с. 272

REFERENCES

1. Toffler E. The Third wave / E. Toffler. – M. : AST, 2002. – 776 p
2. Brzezinski Z. Between Two Ages. America's Role in the Technotronic Era. N.Y.: The Viking Press, 1970. P.9.
3. Webster F. Theories of the information society. - M. : aspect Press, 2004. - 400 p.
4. Kolmogorov in the memoirs of students: Collection of articles / Ed.-comp. A.N. Shiryayev. M.: ICNMO, 2006. p. 272

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Информационное общество, технотронное общество, информационные процессы, характер труда, коммуникационные процессы.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Зинченко Татьяна Елисеевна, кандидат культурологии, доцент кафедры «Философии, Истории и Права» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Егоров Валентин Алексеевич, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Кудряшова Дарья Константиновна, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Лысяк Ксения Сергеевна, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Рожкова Алиса Александровна, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

## ОБУЧЕНИЕ ДЕТЕЙ, НАХОДЯЩИХСЯ НА СТАЦИОНАРНОМ ЛЕЧЕНИИ, МЕРАМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РАМКАХ ДОБРОВОЛЬЧЕСКОЙ (ВОЛОНТЕРСКОЙ) ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Е.В. Бланк, В.И. Синицин

### TEACHING FIRE SAFETY MEASURES TO CHILDREN IN HOSPITAL CARE WITHIN THE FRAMEWORK OF VOLUNTARY (VOLUNTEER) ACTIVITIES

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

E.V. Blank (Senior Lecturer at the Department of Technosphere Safety of SSUWT)

V.I. Sinitsin (Assistant at the Department of Technosphere Safety of SSUWT)

**ABSTRACT:** This article discusses the problem of teaching fire safety measures to children who are in hospital treatment. The authors see a solution to this problem in the involvement of volunteer fire brigades and volunteers to educate children in hospitals.

**Keywords:** Fire safety, education, volunteering, volunteer fire protection, children.

В данной статье рассматривается проблема обучения детей, находящихся на стационарном лечении мерам пожарной безопасности. Авторы видят решение этой проблемы в привлечении добровольных пожарных дружин и волонтеров для обучения детей в больницах.

С каждым годом добровольческое (волонтерское) движение обретает всеобщую популярность во всем мире. Движение волонтеров играет важную роль в различных сферах общественной жизни. Волонтеры не только оказывают помощь нуждающимся, но и активно поддерживают и оказывают помощь в проведении различных общественно и социально значимых проектах.

В Российской Федерации популярное движение волонтеров набирает в свои ряды всё больше и больше добровольцев, которые готовы помочь бескорыстно гражданам и организациям.

Можно выделить несколько направлений работы волонтеров: социальное волонтерство; медицинское волонтерство; экологическое волонтерство; культурное волонтерство; спортивное волонтерство.

На сегодняшний день в стране около шести миллионов человек разных возрастов (рисунок 1) осуществляют волонтерскую деятельность. Средний возраст волонтеров – 24 года [1].

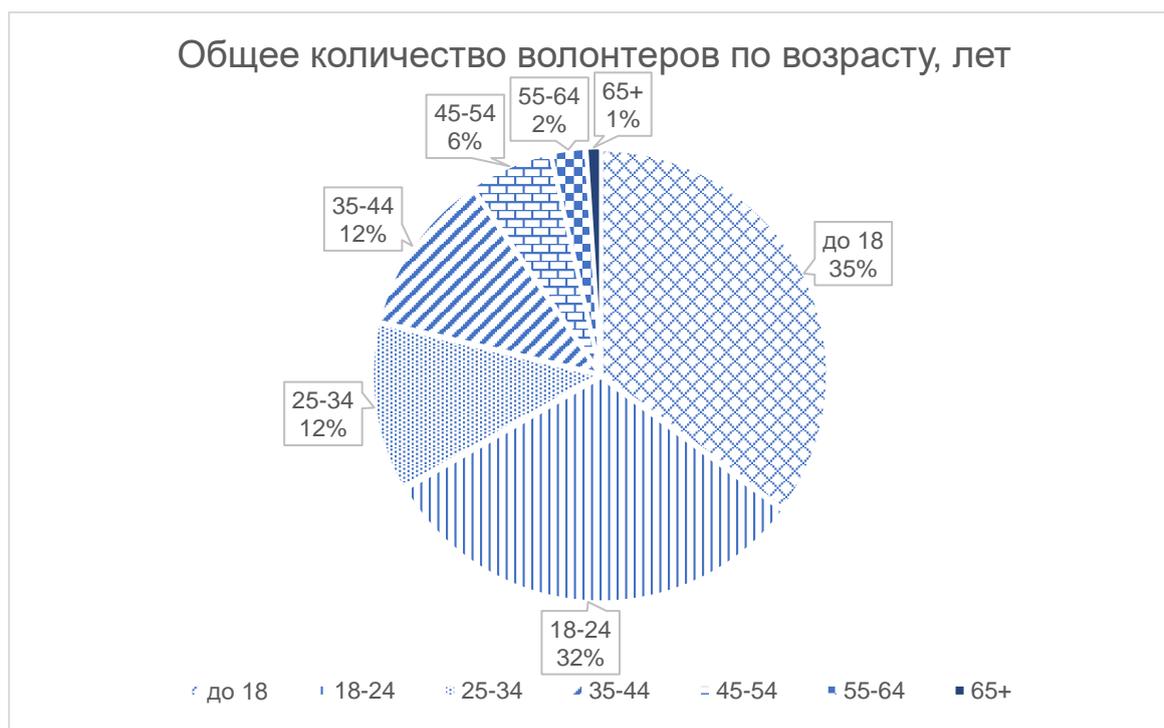


Рисунок 1 – Соотношение волонтеров по возрасту

Волонтеры играют важную роль в современном обществе, оказывая помощь и поддержку. Польза от их работы для общества неоценима. Кроме того, волонтерская деятельность способствует личностному развитию и формированию ценностей участников, укрепляет сообщество и сплачивает людей вокруг общих целей. Волонтеры приобретают новые навыки, расширяют свой круг общения, и часто находят новые цели и смысл жизни в своём деле.

Основы правового регулирования добровольческой (волонтерской) деятельности, особенности создания и деятельности добровольческих организаций в целях широкого распространения и развития добровольческой (волонтерской) деятельности в Российской Федерации устанавливает федеральный закон от 11.08.1995 №135-ФЗ «О благотворительной деятельности и добровольчестве (волонтерстве)».

Среди целей добровольческой (волонтерской) деятельности законом определены:

- <...> пропаганда знаний в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и обеспечения пожарной безопасности;
- участие в <...> профилактике и тушении пожаров, проведении аварийно-спасательных работ <...> [2].

В области добровольческой деятельности основную работу по реализации этих целей проводит добровольная пожарная охрана.

Федеральный закон от 06.05.2011 №100-ФЗ «О добровольной пожарной охране» устанавливает, что добровольная пожарная охрана – основанный на добровольческой деятельности вид пожарной охраны, включающий в себя общественные объединения добровольной пожарной охраны, объектовые добровольные пожарные подразделения и входящих в их состав добровольных пожарных, деятельность которых предусматривает участие в профилактике и (или) тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ [3].

Одной из задачи добровольной пожарной охраны является осуществление профилактики пожаров.

Координирующую роль в деятельности по профилактике пожаров осуществляет МЧС России. В МЧС России всегда придавали особое значение работе добровольцев. Накоплен многолетний опыт эффективной совместной деятельности с добровольческими организациями.

Так, по данным МЧС России, по итогам 2023 года на территории Российской Федерации зарегистрировано 20834 общественных объединений в области обеспечения пожарной безопасности, численностью личного состава более 324 тысяч человек, все добровольцы прошли обучение по программам подготовки добровольных пожарных [4].

Как и другие общественные сферы, пожарная безопасность играет важную роль в воспитании детей школьного и дошкольного возраста. Знание и умения защитить себя от опасностей огня должны являться одним из фундаментов для безопасности людей, а тем более детей.

Навыки пожаробезопасного поведения важно формировать с детства. Необходимо вырабатывать у детей серьезное, осмысленное отношение к проблемам пожарной безопасности с учетом того, что полученные в детском возрасте знания перерастают в устойчивые привычки, из которых складываются черты характера ребенка. Нужно с дошкольного возраста формировать у детей систему представлений о пожарной опасности окружающих предметов и явлений, которая по мере роста и развития ребенка будет пополняться соответствующими сведениями и новыми знаниями.

Необходимость формирования у детей сознательного и ответственного отношения к вопросам личной и общественной безопасности подтверждает и статистика пожаров.

В Российской Федерации за 2022 год произошло более тысячи пожаров по причине детской шалости и снижения числа пожаров не наблюдается (статистический сборник).

Проанализировав статистические данные [5] можно увидеть, что в период с 2018 по 2022 год по причине детской шалости произошло 11892 пожара (рисунок 2), на которых погибло 343 человека и прямой материальный ущерб составил 370 миллионов рублей (рисунок 3). Проанализировав статистические данные, можно увидеть, что количество смертей на пожаре снижается каждый год в среднем на 15,22%, чего нельзя сказать про прямой материальный ущерб, который возрастает в среднем за пять лет на 14,7%.

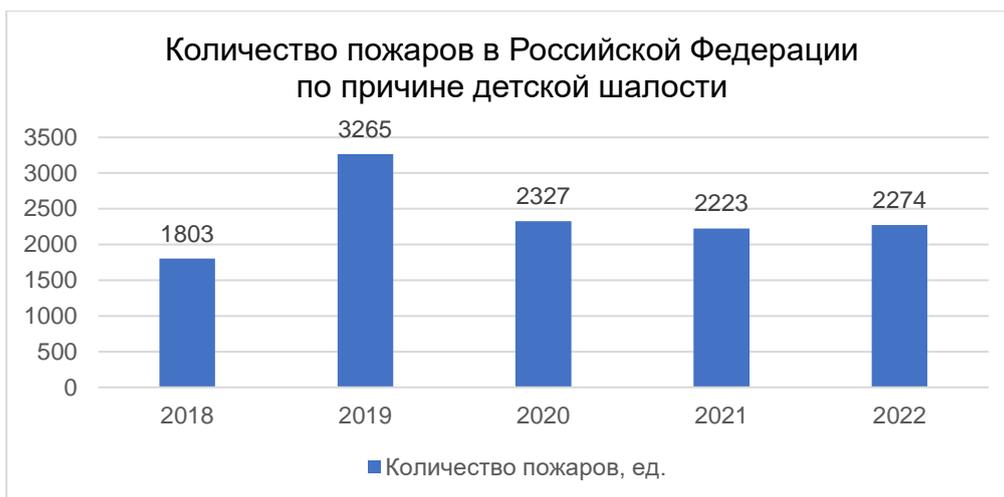


Рисунок 2 – Количество пожаров по причине детской шалости

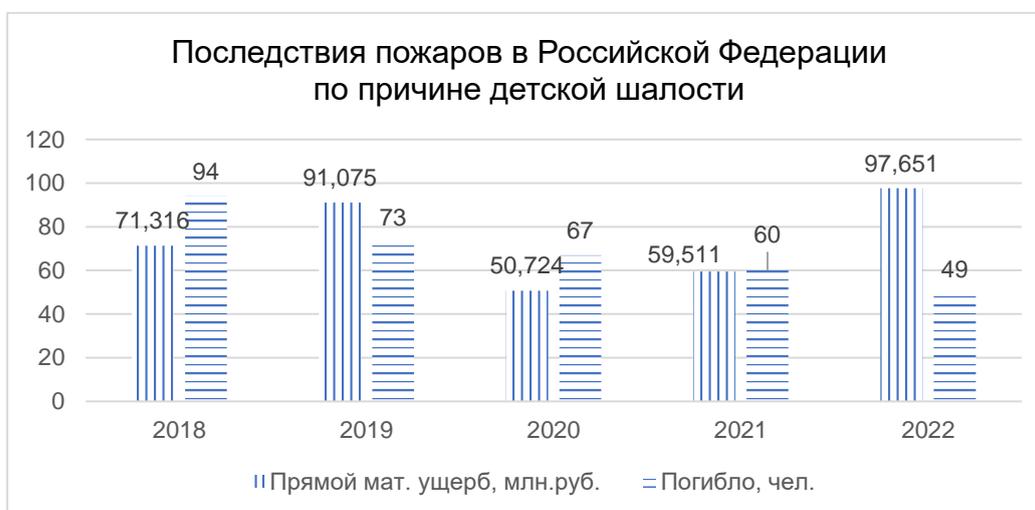


Рисунок 3 – Последствия пожаров по причине детской шалости

Обучение учащихся средних общеобразовательных школ и воспитанников дошкольных учреждений мерам пожарной безопасности осуществляется в рамках изучения курса «Основы безопасности жизнедеятельности»; тематических игр, викторин, творческих конкурсов; проведения спортивных мероприятий; организации экскурсий в пожарно-спасательные подразделения с показом техники и проведением открытого урока обеспечения безопасности жизни; оформления уголков пожарной безопасности; создания дружин юных пожарных.

Обучение детей мерам пожарной безопасности проводится педагогами в образовательных учреждениях всех уровней. Регулярно проводят занятия с детьми представители государственной противопожарной службы и добровольные пожарные.

При этом обучение мерам пожарной безопасности, так же, как и противопожарная пропаганда, должны проводиться на постоянной основе и непрерывно.

Но, к сожалению, есть дети, которые по объективным причинам долгое время не посещают образовательные учреждения, исключены из социума, лишены общения со сверстниками. Это дети, находящиеся на долгосрочном стационарном лечении, например, пациенты травматологических или онкогематологических клиник. Изоляция и ограничения могут продолжаться долгие месяцы, а то и годы.

В больнице ребенок находится в состоянии стресса и нуждается в поддержке и внимании, которое не в состоянии обеспечить медперсонал. И здесь на помощь приходят больничные волонтеры. Волонтеры помогают обеспечить заботу, уход и развитие детей на время их пребывания в больницах.

Больничные волонтеры не только помогают медицинскому персоналу в уходе за пациентами, но и помогают детям радоваться и отвлекаться от болезни. Волонтеры восполняют

нехватку общения у детей, оказывают им индивидуальное внимание, занимаются их развитием, играют с детьми и вносят разнообразие в больничную жизнь.

Они занимаются с детьми творческой деятельностью, проводят мастер-классы, читают книги, беседуют на интересные темы, поздравляют с праздниками, а также занимаются просветительской и образовательной деятельностью.

Дети, которые находятся в больницах на долгосрочном лечении, лишены возможности получать на регулярной основе знания о том, как обезопасить себя и своих близких от пожаров.

Обучение детей, находящихся на стационарном лечении, мерам пожарной безопасности, позволит детям узнать, как действовать в случае пожара, приобрести навыки, которые помогут им действовать правильно при возникновении опасной ситуации, связанной с пожарами.

Проводить пожарную профилактику в больницах могут как больничные волонтеры, так и добровольные пожарные. Волонтерами могут стать и профессионалы в области пожарной безопасности, и студенты высших учебных заведений схожих специальностей и направлений.

Так, например, в Сибирском государственном университете водного транспорта г. Новосибирска с 2011 года действует объектовая добровольная пожарная дружина, членами которой являются студенты специальности «Пожарная безопасность» и направления подготовки «Техносферная безопасность» [6]. Среди мероприятий, проведенных студентами, были занятия по пожарной профилактике с воспитанниками дошкольных образовательных учреждений. Таким образом, у студентов, помимо знаний, умений и навыков в области пожарной безопасности, есть некоторый опыт общения с детьми, что может помочь им в волонтерской деятельности в детских медицинских учреждениях.

Методическую, организационную, финансовую помощь в этой благородной и социально важной деятельности могут оказать территориальные органы МЧС России, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления.

С целью обучения детей могут быть созданы специальные программы, которые будут адаптированы к состоянию здоровья детей, их психологическому состоянию и возрасту. Такой индивидуальный подход поможет сделать обучение доступным для всех детей, находящихся на стационарном лечении.

Чтобы организовать эффективную работу в этом направлении, важно организовать сотрудничество благотворительных организаций и общественных объединений добровольной пожарной охраны в регионах страны. Чтобы проводить занятия по пожарной профилактике с детьми в больницах, больничные волонтеры могут пройти обучение по программам дополнительного профессионального образования и вступить в ряды добровольных пожарных, а добровольные пожарные могут пройти обучение правилам поведения в медицинских учреждениях и правилам общения с больными детьми.

Привлечение к этой деятельности больничных волонтеров и добровольных пожарных позволит как расширить сферы деятельности и область знаний как самих добровольцев и волонтеров, так и принесет значительную пользу в формировании у детей пожаробезопасного поведения, позволит заинтересовать детей вопросами пожарной безопасности, позволит детям получить необходимые знания, что будет способствовать их безопасности и благополучию в дальнейшей жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добро.ru : официальный сайт. - 2024. - URL: <https://dobro.ru/> (дата обращения: 28.01.2024). - Текст : электронный.
2. Российская Федерация. Законы. О благотворительной деятельности и добровольчестве (волонтерстве) : Федеральный закон №135-ФЗ : [принят Государственной думой 7 июля 1995 года] - Москва - URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_7495/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_7495/) (дата обращения: 28.01.2024). - Режим доступа: СПС КонсультантПлюс - Текст : электронный.
3. Российская Федерация. Законы. О добровольной пожарной охране : Федеральный закон №100-ФЗ : [принят Государственной думой 20 апреля 2011 года : одобрен Советом Федерации 27 апреля 2011 года ] - Москва - URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_113763/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_113763/) (дата обращения: 28.01.2024). - Режим доступа: СПС КонсультантПлюс - Текст : электронный.
4. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации

REFERENCES

1. Dobro.ru : official website. - 2024. - URL: <https://dobro.ru/> / (date of access: 01/28/2024). - Text : electronic.
2. The Russian Federation. Laws. On Charitable Activities and Volunteerism : Federal Law No. 135-FZ : [adopted by the State Duma on July 7, 1995] - Moscow - URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_7495/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_7495/) / (date of access: 01/28/2024). - Access mode: SPS ConsultantPlus - Text : electronic.
3. The Russian Federation. Laws. On voluntary fire protection : Federal Law No. 100-FZ : [adopted by the State Duma on April 20, 2011 : approved by the Federation Council on April 27, 2011 ] - Moscow - URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_113763/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_113763/) / (date of access: 01/28/2024). - Access mode: SPS ConsultantPlus - Text : electronic.
4. Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters : official website. - 2024. - URL: <https://mchs.gov.ru/> / (date of access: 01/28/2024). - Text : electronic.

последствий стихийных бедствий : официальный сайт. - 2024. - URL: <https://mchs.gov.ru/> (дата обращения: 28.01.2024). - Текст : электронный.

5. Пожары и пожарная безопасность в 2022 году : Информационно-аналитический сборник / В. С. Гончаренко, Т. А. Чечетина, В. И. Сибирко [и др.]. – Балашиха : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. – 80 с. – EDN IKFNVG.

6. Рослякова, О.В. Деятельность ВО ФГБОУ «СГУВТ» по пропаганде знаний в области пожарной безопасности среди детей и подростков / О. В. Рослякова, Е. В. Бланк, В. Н. Малыгин, А. Ю. Кудряшов // Актуальные вопросы образования. – 2022. – № 2. – С. 204-208. – EDN RZXUBF.

7. Синицин, В. И. Повышение усвоения универсальной компетенции «Командная работа и лидерство» у обучающихся по направлению «Техносферная безопасность» с помощью интерактивных форм проведения занятий / В. И. Синицин, О. В. Рослякова, Е. В. Бланк // Актуальные вопросы образования. – 2023. – № 2. – С. 66-71. – EDN MCOXMN.

8. Синицин, В. И. Необходимые навыки для успешной командной работы / В. И. Синицин, Е. А. Шильникова, И. В. Шатохин // Молодая наука : Сборник статей по итогам II Научных чтений молодых исследователей, Новосибирск, 18 апреля 2023 года. – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 290-295. – EDN PYWISP.

5. Fires and fire safety in 2022 : An information and analytical collection / V. S. Goncharenko, T. A. Chechetina, V. I. Sibirko [et al.]. – Balashikha : Federal State Budgetary Institution VNIPO of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2023. – 80 p. – EDN IKFNVG.

6. Roslyakova, O.V. Activities in the Federal State Budgetary Educational Institution "SGUVT" to promote knowledge in the field of fire safety among children and adolescents / O. V. Roslyakova, E. V. Blank, V. N. Malygin, A. Y. Kudryashov // Actual issues of education. - 2022. – No. 2. – pp. 204-208. – EDN RZXUBF.

7. Sinitsin, V. I. Improving the assimilation of universal competence "Teamwork and leadership" among students in the direction of "Technosphere safety" using interactive forms of classes / V. I. Sinitsin, O. V. Roslyakova, E. V. Blank // Topical issues of education. – 2023. – No. 2. – pp. 66-71. – EDN MCOXMN.

8. Sinitsin, V. I. Necessary skills for successful teamwork / V. I. Sinitsin, E. A. Shilnikova, I. V. Shatokhin // Molodaya nauka : A collection of articles based on the results of the II Scientific readings of young researchers, Novosibirsk, April 18, 2023. – Novosibirsk: Siberian State University of Railways, 2023. – pp. 290-295. – EDN PYWISP.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Пожарная безопасность, обучение, волонтерство, добровольная пожарная охрана, дети.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Бланк Елена Валерьевна, старший преподаватель кафедры Техносферной безопасности ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Синицин Владислав Игоревич, ассистент кафедры Техносферной безопасности ФГБОУ ВО «СГУВТ»

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## **К ВОПРОСУ ПОНИМАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИН, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ ОТРАСЛИ В ПРОЦЕДУРЕ ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**П.А. Бимбереков**

### **ON THE ISSUE OF UNDERSTANDING AND DETERMINING THE PLACE OF DISCIPLINES CHARACTERIZING MATERIAL OBJECTS OF THE INDUSTRY IN THE PROCEDURE OF TRAINING MANAGEMENT SPECIALTIES**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**P.A. Bimberekov** (Doctor of Technical Sciences, Prof. of the Department « Ship Theory, Shipbuilding and Materials Technology » of SSUWT)

**ABSTRACT:** The issue of the importance of disciplines that characterize the material objects of the industry for management specialties is considered. The results of a survey on this issue among students are presented and the results are discussed. It is concluded that it is advisable to increase such courses.

**Keywords:** Management specialties, theory and structure of courts.

Рассматривается вопрос важности дисциплин, характеризующих материальные объекты отрасли для управленческих специальностей. Приводятся результаты опроса по данному вопросу у обучающихся и производится обсуждение результатов. Делается вывод о целесообразности увеличения таких курсов.

Неоднократно приходилось фиксировать мнение представителей как среднего уровня руководства вуза (деканатов) так и отдельных преподавателей вуза о малой значимости для управленческих специальностей (в СГУВТ это ОП, УВТС, УВТП, УВТ), изучаемых курсов, характеризующих в статике и динамике материальные объекты отрасли (для водного транспорта – суда, водные пути, гидротехнические сооружения, судостроительные и судоремонтные предприятия). Изучение таких курсов указанными лицами представляется сугубо второстепенным, а выставление положительных результатов итоговой аттестации за курс ими предполагается практически автоматическим, хотя бы если обучающийся время от времени посещал занятия. У обучающихся то ли по их собственному разумению, а скорее всего вслед за указанными лицами также присутствует убеждение о малой значимости оговоренных выше

курсов. Представилось целесообразным получить мнение обучающихся об оговариваемых курсах на примере изучаемого ими курса «Теория и устройство судов» (ТУС).

Результаты опроса обучающихся о необходимости в структуре их образовательной программы курсов, характеризующих материальные объекты отрасли, в частности курса ТУС. Для проработки сложившейся ситуации автор данной статьи в ходе чтения лекции по курсу ТУС в присутствии комиссии из трёх человек, включающих в частности представителей учебного управления и деканата факультета «Управление на водном транспорте» (ФУВТ), произвёл следующий опрос и голосование обучающихся, представляющих большую часть указанных выше специальностей.

Изначально был задан вопрос о том, считают ли обучающиеся важным или нет изучение курса ТУС для овладения выбранной ими специальностью. Дополнительно было пояснено, что преподавателю курса важно установить действительную ситуацию по пониманию этого вопроса обучающимися и никаких репрессивных последствий за негативные результаты голосования не последует. Результат голосования: один – «за» изучение важно; несколько воздержались; все остальные – «за» изучение не важно.

Следующий вопрос, выставленный на голосование, был о том, считают ли обучающиеся, что в вузах другой направленности Министерства Транспорта, железнодорожных, авиационных, автодорожных изучают курсы, связанные с объектами этих видов транспорта. Результат голосования: большинство – «за» существование таких курсов; несколько «воздержались» и «против» предположения о наличии таких курсов.

Далее были заданы следующие вопросы. Является ли, по их мнению, ошибкой Министерства учреждение оплачиваемых государством мест на близких по направленности управленческих специальностях в вузах разных видов транспорта и их, возможно, нужно было бы отдать наиболее квалифицированному в данном направлении вузу отрасли, а может и не транспортной отрасли. Или Министерство специально распределило указанные учебные места в вузы разных видов транспорта, полагая получить специалистов со знанием (конкурентным преимуществом) структуры и объектов конкретного вида транспорта. Результат голосования за то, что Министерство ошиблось: большинство – «нет»; несколько «воздержались» и «против». Результат голосования за то, что Министерство не ошиблось и изучение предметов типа ТУС необходимо для управленческих специальностей: двое «против» (причём один из тех, кто вначале опроса был «за»), остальные – «за».

Обсуждение результатов опроса. В приведенном выше опросе никакого конкретного анализа специальностей и изучаемых предметов в вузах Министерства Транспорта не производилось, распределение голосов обучающихся происходило из их собственного осмысления положения дел с учётом обсуждаемых вопросов. Конечно, следует заметить, что формулирование и последовательность вопросов в процедуре опроса имеют вполне значимую роль. Так, например, если поставить вопрос о значимости курса физкультуры для освоения управленческой или иной специальности, то, скорее всего ответ будет отрицательным. Если же привести следующие факты. Данные об уделении серьёзного внимания поддержанию физической формы ведущими учёными, инженерами, представителями такого вроде полностью интеллектуального вида спорта как шахматы. Отметить, что именно физический функционал этих людей позволил выдерживать значительные умственные перегрузки и т.д. Тогда вероятно ответ об отсутствии необходимости курса физкультуры будет уже не столь категоричным. Если же указать на то, что объем занятий физкультуры в учебных заведениях есть результат работы ведущих исследовательских организаций страны, он корректируется в зависимости от статистического состояния здоровья обучающихся в стране и на то, что государство не от избытка финансовых средств, а по необходимости несёт большие расходы на преподавание этих курсов. Тогда, вероятнее всего, число обучающихся, считающих о необходимости преподавания курса физкультуры станет преобладать.

Следует отметить реально низкий уровень абстрактного мышления у обучающихся, плохое представление и графическое воспроизведение наблюдаемых физических объектов, низкую математическую подготовку, зачастую неготовность вспоминать, а при извлечении из памяти использовать полученные ещё во время освоения материала средней школы знания, применять в комплексе простые и широко известные данные отдельных образовательных предметов средней школы, таких как физика, химия, математика (даже арифметика), геометрия и т.д. В ступор зачастую вводят такие вопросы уровня средней школы: почему более горячая вода поднимается вверх, и какая сила совершает работу по её подъёму; почему

расширительный бак системы водяного отопления так назван, если в нём вода, как и во всей системе кроме нагревательного котла обычно остывает и соответственно сжимается; что представляет процесс горения и за счёт чего возможен процесс тушения при использовании разных видов тушения.

Как известно для младших классов средней школы при овладении арифметическими навыками производят операции не с абстрактными единицами, а конкретными предметами, например яблоками, грушами, огурцами и т.д., т.е. объектами с которыми обучающиеся хорошо знакомы и фактически «раскусили» их суть и различие. Думается и при освоении основ управления транспортными процессами для обучающихся также важно оперировать известными им «раскушенными» средствами транспорта. Отсутствие представления обучающимися основ материальных объектов транспорта неизбежно осложнит осмысление ими управленческих процедур. В этой связи отметим, что уже достаточно давно прошла информация, что в Японии восстановили в средней школе краткий курс логарифмической линейки, т.к. по мнению специалистов процесс обучения должен в общем повторять онтологический процесс становления инструментального счёта и пропуск какого-то этапа приводит к потере осознания сути процесса и недоформированию мыслительных счётных функций.

В этой связи можно упомянуть об обычно имеющей место сложности обучающихся оперировать аналитически параметрами объектов. В преподаваемом автором курсе ТУС предлагается определить аналитически относительные величины – коэффициенты полноты судов заданной простой формы с размерениями, принятыми у судов: длина ( $L$ ), ширина ( $B$ ), высота борта ( $H$  или  $D$ ) осадка ( $T$  или  $d$ ). Для решения такой задачи задаётся цилиндрическое тело некоторым образом расположенное, затем предписывается считать это тело судном, далее обозначив у него указанные размерения по своему чертежу требуется произвести расчёт заданного коэффициента полноты. В последние годы, в подавляющем числе обучающихся вначале сами практикуют назначение каких-то числовых значений размерений и производят с ними вычисления иногда получая полную численную ерунду, иногда верный ответ, оценить которые сами не всегда готовы. Только потом, апробировав нахождение результата с конкретными числовыми значениями, получают искомый ожидаемо полностью совпадающий с ранее полученным правильным результат простейшими аналитическими выкладками. Чаще всего после удивляются простоте достижения искомого результата аналитическими выкладками и без каких-либо числовых значений размерений. Как видно из последней информации освоение материала обучающимися сколько-нибудь перспективно с рассмотрением конкретных известных им объектов. Отвлечённое восприятие, абстрактное моделирование для наших студентов в основном сложно и должно обретаться в сопоставлении с конкретными, освоенными ими объектами отрасли.

В бытность исполнения обязанностей главного инженера судоходной компании автору статьи приходилось общаться и консультировать работников компании, выпускников нашего вуза с экономическим образованием. Компания была достаточно молодой, но довольно крупной, второй в регионе по общему числу судов после Западно-Сибирского пароходства (затем, после перевода судов, второй после Томской судоходной компании) насчитывающей более 100 судов и в то время первой по числу судов смешанных разрядов плавания и морских судов. Закончившая наш вуз, насколько помнится даже с красным дипломом, заведующая экономическим отделом компании, занималась по заданию учредителя компании, в том числе, подбором на рынке перспективных для приобретения судов для эксплуатации в определённых районах плавания. В ряде случаев ей получалось проконсультироваться со мной, однако это не всегда удавалось, в связи с моей занятостью по месту основной работы в вузе. Она сожалела, что не окончила инженерную специальность ОП, у которой я тогда преподавал, и говорила, что дополнительно образоваться инженеру по экономической специальности существенно проще, чем наоборот и что ей приходится трудно из-за отсутствия достаточных знаний по классификации и устройству судов.

Дополнительно заметим, что для всех видов транспорта существуют родственные объекты и функции. Во всех видах транспорта есть собственно транспортные средства – осуществляющие транспортировку, технические средства – обслуживающие транспортные и вспомогательные – обслуживающие транспортные пути. У транспортных средств всех видов транспорта имеется аналогичный набор способностей, которые можно подразделить на характеризующие собственно принципиальную возможность исполнять транспортные функции и характеризующие их экономические возможности. Для водного транспорта это

соответственно навигационные и эксплуатационно-экономические (или технико-экономические) качества. Многие системы и устройства объектов разных видов транспорта весьма схожи, причём имеют аналоги и в обычном быту. Таким образом, освоив объекты конкретного вида транспорта обучающийся неизбежно получает базу для понимания прочих видов транспорта.

В процессе апробации новых подходов в системе образования по решению Правительства РФ участвуют пять вузов России. При формировании курсов обучения и их рабочих программ обращено повышенное внимание на мнение работодателей, произведено увеличение числа и объёмов практик. Если бы в период работы автора в судоходной компании пришлось высказываться по совершенствованию учебного процесса управленческих специальностей, то настоятельной рекомендацией было бы:

- увеличение объёма курсов, раскрывающих материальные объекты транспортной отрасли в целом и родство отдельных видов транспорта;
- введение выбора обучающимися более подробного изучения одного или нескольких видов транспорта в зависимости от предполагаемого направления деятельности компании, в которую в будущем предполагается пойти им работать;
- возобновление курсового проектирования по объектам транспорта для управленческих специальностей по выбранному виду транспорта, закрепляющего и более чётко структурирующего знания, умения, навыки.

Из изложенного следует выделить потребность в увеличении объёма часов курсов, характеризующих материальные объекты отрасли, их функциональные способности и устройство.

Следует поднять вопрос о данной проблеме и начать возможную дискуссию на страницах данного научного журнала с целью широкого обсуждения специалистами и сформирования общего понимания данного вопроса.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Управленческие специальности, теория и устройство судов.*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Бимберков Павел Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Теории корабля, судостроения и технологии материалов» ФГБОУ ВО «СГУВТ» 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

---

## **КОНКУРЕНТНАЯ СРЕДА: ВЫПУСКНИКИ ТРАНСПОРТНЫХ ВУЗОВ И ОТРАСЛЬ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**О.В. Приданова, В.А. Бобыльская**

### **COMPETITIVE ENVIRONMENT: GRADUATES OF TRANSPORT UNIVERSITIES AND THE RIVER TRANSPORT INDUSTRY**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**O.V. Pridanova** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc.Prof. of SSUWT)

**V.A. Bobylskaya** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc.Prof. of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** Of the numerous problems of the transport industry in the field of river transport, the problem of personnel shortages at enterprises remains urgent. There are two sides to the problem: This is the unwillingness of graduates of specialized educational institutions to replenish the personnel reserve of river transport workers and this is a personnel shortage among employers (shipping companies and transport hubs) of a certain location. The solution to the problem, in our opinion, lies in the obligations of the employer to create a workplace and working conditions, a motivation system and social guarantees. Improving working conditions remains one of the most effective, albeit targeted, measures to combat personnel shortages.

---

**Keywords:** *Personnel shortage, working conditions, motivation system, social guarantees.*

Из многочисленного числа проблем транспортной отрасли в сфере речного транспорта актуальной по-прежнему остаётся проблема кадрового дефицита на предприятиях. У проблемы две стороны: это нежелание выпускников профильных учебных заведений пополнять кадровый резерв работников речного транспорта и это кадровый дефицит у работодателей (судоходных компаний и транспортных узлов) определённой локации. Решение проблемы, на наш взгляд, заключается в обязательствах работодателя по созданию рабочего места и условий труда, системе мотивации и социальным гарантиям. Улучшение условий труда остается одной из действенных, пусть и точечных мер борьбы с кадровым дефицитом.

Из многочисленного числа проблем транспортной отрасли в сфере речного транспорта актуальной по-прежнему остаётся проблема кадрового дефицита на предприятиях. Данный вопрос ежегодно поднимается на дискуссионных площадках и круглых столах в рамках встреч представителей портов и судоходных компаний под патронажем надзорных ведомств.

В контексте данной проблемы существует две плоскости.

Первая плоскость проблемы – это нежелание выпускников профильных учебных заведений пополнять кадровый резерв работников речного транспорта. По различным оценкам, не менее 50 процентов будущих речников после окончания учебы отказываются работать по специальности и уходят в другие отрасли.

Речные HR-специалисты демонстрируют неутешительные цифры: в настоящее время коэффициент рекрутмента рядового специалиста достигает 0,8 – это менее одного кандидата на вакансию.

Данной теме на протяжении последних 10–15 лет посвящено огромное количество исследований, методик и рекомендаций, суть которых сводится к детальному конструированию будущего специалиста, начиная от строгого профессионального отбора на этапе поступления абитуриента и заканчивая направленным распределением выпускников на объекты и вакансии предприятий речной отрасли.

Вторая плоскость проблемы – это кадровый дефицит у работодателей (судоходных компаний и транспортных узлов) определённой локации.

Как раз мониторингу и анализу этого вопроса и посвящена наша статья.

Основной задачей работодателя при найме работника является его (работодателя) обязательства по созданию рабочего места и условий труда, системе мотивации и социальным гарантиям.

Для мониторинга объекта исследования было определено контрольное число работодателей (судоходные компании) с открытой вакансией – рулевой-моторист.

В качестве источника сбора информации были привлечены учащиеся (практиканты второй навигации и выпускники) профильного учебного заведения среднего профессионального образования, которые на период производственной практики и первых лет работы после получения диплома занимают должности рядового состава в экипажах судов. Период мониторинга составил три года: с 2021 по 2024 годы.

Сбор данных по результатам мониторинга показал, что подавляющее большинство (более 90%) учащихся профильного учебного заведения осознанно отклоняют предложения по вакансиям ряда работодателей. Анализ предложений по вакансии рулевой-моторист контрольного числа работодателей выявил большие различия в обязательствах по созданию рабочего места, условий труда, системе мотивации и социальных гарантиях для работника.

Ни для кого не секрет, что речные перевозки – это бизнес с долей государственного и коммерческого участия в той или иной степени. У руля этого бизнеса стоят живые люди со своим видением, убеждениями и амбициями. И чаще всего именно субъективные факторы работодателя влияют на рабочие процессы.

Обязательства работодателя по созданию рабочего места определяют не только круг обязанностей работника, но и соответствующие условия труда. По результатам исследования была выявлена девиация заработной платы от средней по рынку труда в определённом регионе по вакансии рулевой-моторист при равных трудозатратах и графике работы.

Причины у каждого работодателя свои, вызванные, как объективными, так и субъективными факторами. Но если увеличение стоимости оплаты труда является мотивирующим фактором, то её уменьшение – это чистой воды демотивация и кадровый голод.

В ряде случаев данная девиация, если рассматривать увеличение, – это показатель благосостояния компании работодателя и его экономической стабильности. Логично предположить, что компании со слабой финансовой позицией не могут себе позволить данный стимул для работника. Но кроме объективной оценки ситуации в одном случае был выявлен факт колоссального разрыва (в 10 раз) в заработной плате между рядовым и командным составом, что и являлось демотивацией для соискателей на вакансию рулевой-моторист.

В ряде случаев имеет место быть уравнивание в заработной плате специалистов узкого и широкого профилей с разной степенью квалификации.

Для справки – по вакансиям, опубликованным на одном из транспортных порталов в 2023 году:

– матросу на скоростные пассажирские суда на условиях полной занятости и сменного

графика предлагают 40000–60000 рублей на руки;

- претенденты на вакансию механика в речном порту могут рассчитывать на 65000 рублей;

- но ирония в том, что эти суммы сопоставимы с зарплатой горничной на пассажирском теплоходе – 45000–55000 рублей.

Одним из критериев оценки качества рабочего места в судоходной компании был психологический климат.

Для многих членов судовых экипажей климат в коллективе не менее важен, чем размер заработной платы. Персонал постоянно находится вместе в течение полугода. Не секрет, что есть экипажи с очень плохим психологическим климатом, причём до такой степени плохим, что некоторые из проходивших на этом судне практику учащиеся речных училищ принимали решения никогда не возвращаться на флот. Чаще всего это зависит от одного-двух человек из командного состава (капитан, помощник), а иногда, как бы это ни звучало банально, – от повара, по совместительству – жены капитана.

Плохой психологический климат не является показателем низкой компетенции командного состава или его квалификации. Разные темпераменты работников, длительное время пребывания на судне в условиях ограниченного пространства, разные социальные роли и статус работников не могут сосуществовать в идеальной обстановке.

Проблему плохого психологического климата в экипаже не всегда можно решить в формате «здесь и сейчас», но ее надо стараться решать, чем быстрее – тем лучше. И здесь не обойтись без расставания с некоторыми членами командного состава судна.

Для справки – за навигационный период 2023 года 8% учащихся из числа практикантов профильного учебного заведения среднего профессионального образования обратились в кадровые службы судоходных компаний с просьбой перевода на другое удно по причине психологической несовместимости с командным составом.

И в данной ситуации следует оценивать не факт обращения сотрудника (практиканта) в кадровую службу, а факт обратной связи от работодателя и возможность удовлетворить потребность работника. Чем быстрее решается проблема, тем выше рейтинг судоходной компании для работника, особенно в рамках учебного заведения, где лучшим инструментом передачи информации является «сарафанное радио».

Для выпускников учебных заведений одним из критериев оценки работодателя была – работа зимой.

Насколько это позволяет объем работ и финансовая ситуация, малая часть работодателей старается привлекать членов экипажей к зимним работам на судах. Зимние работы на судах могли бы обеспечивать людям стабильный заработок в межнавигационный период, но административный корпус судоходной компании мыслит иначе и порой в ущерб своим ресурсам.

Инструменты точечного материального премирования (компенсация затрат) имеют большое значение для работника. Например, казалось бы, такая мелочь, как компенсация работнику затрат на прохождение медицинской комиссии перед началом навигации, но для большинства работников – это проявление заботы со стороны работодателя, особенно в период роста цен на медицинские услуги.

Таким же знаком внимания со стороны работодателя является трансфер от места отдыха сменного экипажа до места локации судна (от общежития на периферии города до речного порта).

Или, к примеру, компенсация затрат на транспортировку (перелёт) от места постоянного проживания работника до места локации судна вышла на новый уровень, потому что большинство судоходных компаний не компенсируют эту стоимость, а предоставляют эти средства ещё до их использования; работник получает деньги на дорогу ещё до поездки, что снимает с него психологический барьер сомнений «оплатят-не оплатят». Здесь налицо степень доверия работодателя при этом защищённая законом на основе заблаговременно подписанных документов.

Социальные гарантии работодателя также имеют большое значение для работника.

Одной важной социальной привилегией для работника в ряде случаев стала привилегия получения служебного жилья при условии работы в компании на протяжении определённого количества лет. Данная привилегия не нова, так как уже применялась ранее министерством речного флота РСФСР. Причём применялась весьма успешно до момента развала СССР.

Сейчас данная льгота активно используется для привлечения и создания условий труда и жизни работников (военнослужащих) министерства обороны РФ, что является одним из ключевых факторов при заключении контракта. Но ряд судоходных компаний, не самых крупных, но весьма успешных, взяли на вооружение данный метод привлечения работников и метод показал свои первые эффективные результаты.

Таким образом, кадровый дефицит у работодателей (судоходных компаний и транспортных узлов) определённой локации вызван не проблемами нехватки кадров или некачественной работой учебного заведения (нецелесообразное распределение ресурсов), а, как правило, некомпетентностью административного корпуса работодателя и неграмотным распределением ресурсов в рамках конкурентной среды.

Разумеется, что улучшение условий труда остается одной из действенных и в то же время точечных мер борьбы с кадровым дефицитом – и это, в первую очередь, повышение зарплат и введение инструментов нематериального премирования.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Кадровый дефицит, условия труда, система мотивации, социальные гарантии.*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Приданова Оксана Викторовна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Бобыльская Виктория Александровна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **ВЛИЯНИЕ КЛИПОВОГО И СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ НА ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**Н.О. Шпак**

### **CLIP AND SYSTEMS THINKING IMPACT ON FOREIGN LANGUAGE TEACHING**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**N.O. Shpak** (Ph.D. of Pedagogic Sciences, Assoc. Prof., Assoc. Prof. of the Department of «Foreign Languages» of SSUWT)

**ABSTRACT:** This article examines the problem of students' unwillingness to carry out professional communication in a foreign language due to the influence of clip thinking on the way information is perceived and processed. The author sees the solution to this problem in the organization of foreign language speech-thinking activities aimed at the development of systems thinking in the process of solving a communicative task.

**Keywords:** *Clip thinking, systems thinking, foreign language teaching, communicative task solution.*

В данной статье рассматривается проблема неготовности студентов осуществлять профессиональную коммуникацию на иностранном языке из-за влияния клипового мышления на способ восприятия и обработки информации. Решение данной проблемы автор статьи видит в организации иноязычной речемыслительной деятельности, направленной на развитие системного мышления в процессе решения коммуникативной задачи.

Процессы цифровизации меняют мышление молодых специалистов, заставляя их приспособиваться к быстрому темпу жизни, обрабатывать большие потоки информации и осваивать новые сферы деятельности. Современному обществу нужны выпускники, умеющие системно думать: выявлять противоречия, генерировать идеи, анализировать и систематизировать информацию, аргументировать свою позицию и находить оптимальное решение проблемы.

Сегодня Интернет-поколение воспринимает окружающую действительность через поток разнородной информации, которая не связана между собой, носит фрагментарный характер, имеет высокую скорость переключения фрагментов и характеризуется отсутствием целостной картины восприятия окружающего мира. Молодые люди познают окружающий мир через призму клипового мышления и поэтому демонстрируют снижение уровня усвоения знаний; построение эмоциональных связей взамен логических; ослабление чувства сопереживания и ответственности [3].

Клиповому мышлению противопоставляется системное мышление, которое помогает учащимся глубоко погружаться и систематизировать информацию, выполняя все операции

последовательно. Системное мышление дает целостное восприятие действительности и позволяет упорядочить информацию, поступающую извне, вычлняя главное и убирая все не существенное. Применение системного подхода позволяет рассматривать проблемы на основе системного анализа, давать им критическую и всестороннюю оценку [8]. Однако для развития навыков системного мышления на занятиях необходимо создавать соответствующие психолого-педагогические условия, а также минимизировать воздействие клипового мышления на восприятие студентами окружающей действительности.

Одним из основополагающих принципов коммуникативного подхода в обучении иностранному языку является формирование когнитивной компетенции: развитие у студентов умения приобретать новые знания и применять их для разрешения проблемных ситуаций на иностранном языке. Стимулирование речемыслительной активности обучаемых возможно при условиях реализации метода проблемного обучения, когда перед учащимися ставится коммуникативная задача.

Цель данной статьи – показать эффективные приемы обучения иностранному языку, направленные на развитие у студентов системного мышления с учетом сформированных навыков клипового мышления.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить особенности клипового мышления, положительно и негативно влияющие на обучение студентов;
- обосновать необходимость развития у студентов системного мышления;
- предложить способы развития системного мышления в процессе обучения студентов иностранному языку с учетом сформированных навыков клипового мышления.

Механизм клипового мышления заключается во фрагментарном восприятии окружающего мира в виде образов, клипов (от англ. clip – вырезка, фрагмент из документа, газеты или журнала) без учета связей между ними, анализа и формирования целостной картины. При таком восприятии действительности переработка большого количества информации происходит на высокой скорости переключения с одного фрагмента на другой и осуществляется без ее критического осмысления.

Молодым людям с клиповым мышлением сложно сосредоточить свое внимание на чем-то одном, прочитать или прослушать длинное сообщение, не отвлекаясь на внешние раздражители. Им трудно справляться с работой, которая требует от них усидчивости и выполнения рутинных операций. Поверхностное восприятие действительности приводит студентов к тому, что многие из них испытывают трудности в обучении и усвоении нового, не способны анализировать полученную информацию и делать глубокие выводы.

Исследователи клипового мышления (М. Маклюэн, Э. Тоффлер, В.Н. Кутрунов, К.Г. Фрумкин, Р.М. Грановская, Ф. Гиренок, А. Фельдман и др.) считают, что причиной возникновения данного мышления является адаптация к ускорившемуся темпу обмена информацией и возросшая способность современного поколения к многозадачности.

Лари Розен называет способность к многозадачности сильной стороной «поколения I» (Internet Generation), воспитанного в эпоху бума компьютерных и коммуникационных технологий. Представители Интернет-поколения одновременно могут слушать музыку, общаться в чате, бродить по сети, редактировать фотографии, выполнять задания по учебным предметам [11].

Люди, наделенные клиповым мышлением, обладают высокой скоростью реагирования на внешние раздражители. Они быстрее откликаются на любые стимулы и изменения. Многие специалисты также утверждают, что клиповое мышление защищает мозг современного человека, являясь защитным механизмом от информационно-психологических перегрузок.

Несмотря на все эти положительные стороны клиповое мышление является формой бессистемного мышления и относится к «патологическим видам мышления» [8, С.130]. Следовательно, в учебном процессе необходимо развивать у студентов системное мышление для того, чтобы «нейтрализовать» отрицательное влияние клипового мышления.

При рассмотрении системного мышления, важно отметить, что при системном познании мира человек способен устанавливать связи между явлением и предметами, выявлять существующие закономерности, прогнозировать их развитие и решать возникающие проблемы. [7]. В практической психологии и педагогической практике под системным мышлением понимается мышление, при котором субъект рассматривает предмет мыслительной деятельности

как систему и выделяет в нём соответствующие системные свойства, отношения и закономерности [9].

Согласно требованиям федеральных государственных образовательных стандартов, системный подход считается необходимой универсальной компетенцией специалистов по подающему количеству направлений, включая оба уровня высшего образования – бакалавриат и магистратуру. Развитие системного мышления предполагает получение и совершенствование определенных умений и навыков:

- рассматривать объекты и явления окружающего мира в их развитии и взаимосвязи;
- анализировать ситуации и устанавливать причинно-следственные связи;
- обнаруживать скрытые зависимости и связи;
- выявлять противоречия, порождающие проблемы, и находить их наиболее эффективные решения;
- интегрировать информацию и делать выводы, позволяющие прогнозировать последствия принятых решений.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что двумя важными ключевыми составляющими системного мышления являются: способность к анализу (погружение в детали, структурирование изучаемой проблемы) и способность к синтезу (абстрагирование от мелочей, переключение на более крупный масштаб). А это как раз основные процессы мышления, которые необходимы для решения проблемных ситуаций.

Многие отечественные и зарубежные ученые (А.В. Брушлинский, Дж. Брунер, Л.С. Выготский, П.Я. Гальперин, А.М. Матюшкин, Ж. Пиаже, Я.А. Пономарев, С.Л. Рубинштейн и другие) говорят о необходимости развития у учащихся когнитивного мышления. Развитие мышления студентов во многом зависит от наличия в учебном процессе познавательных задач. В процессе речевой деятельности, согласно Л.С. Выготскому, обучаемые выполняют определенные мыслительные операции: решают познавательные задачи как для построения языковых конструкций, так и для передачи соответствующего речевого содержания [1]. Само коммуникативное содержание в процессе общения не только передается, но и создается в результате речемышлительной деятельности [4]. В ходе такой познавательной деятельности преподаватель обучает учащихся новым способам мышления и необходимым навыкам самостоятельной работы [5].

Когнитивная компетенция является необходимым компонентом коммуникативной компетенции, так как язык в коммуникативных целях может быть усвоен только как инструмент мысли. Коммуникативный подход на занятиях по иностранному языку реализуется через постановку коммуникативной задачи и организации совместной деятельности по ее решению. И.А. Зимняя утверждает, что учебную деятельность следует понимать шире, называя ее деятельностью субъекта, который овладевает определенными навыками и развивает себя в процессе решения учебных задач. [2]. Р.П. Мильруд утверждает, что иноязычное речемышление обучающихся стимулируется при исследовании проблематики текста или при работе с игровой задачей. Данная деятельность осуществляется через взаимодействие трех компонентов: решаемая проблема, имеющиеся знания и исследовательские действия [4].

Для вовлечения студентов в познавательную деятельность на занятиях по иностранному языку применяется метод коммуникативных заданий (*task-based learning*), в ходе которого студентам предлагается речевая ситуация, содержащая в себе проблему. Согласно данному методу, обучение иностранному языку ориентировано не на систематизацию изучаемых языковых явлений, а на создание условий, в которые вовлекаются студенты для решения коммуникативных задач. [6, с. 47]. В коммуникативной задаче прописана учебная проблема, при решении которой студенты развивают у себя творческое и критическое мышление: учатся смотреть на проблему с разных точек зрения, генерировать разные варианты ее решения, анализировать их и определять из них оптимальное решение [10].

Выполнение коммуникативного задания развивает у студентов умение системно думать: сопоставлять и анализировать разные факты, делать аргументированные умозаключения, с опорой на данные текста и ранее полученные знания. Однако, при обучении студентов системному подходу необходимо учитывать влияние клипового мышления на мыслительную деятельность студентов и опираться на сформировавшуюся способность к многозадачности и механизм адаптации к информационным перегрузкам.

Обучая студентов думать системно, преподаватель должен учитывать особенности восприятия «людей экрана», которые не способны долгое время сосредотачивать свое внимание

на изучении учебного материала. По этой причине в процессе организации работы над решением коммуникативной задачи преподавателям рекомендуется видоизменять структуру и формат учебного материала. Принимая во внимание индивидуально-психологические особенности студентов, необходимо по-новому структурировать и излагать информацию: «сжимать», представлять ее в виде коротких письменных текстов или небольших устных высказываниях. Преподавателям необходимо также видоизменять формат подачи материала и показывать студентам короткие учебные видеоролики, демонстрировать четкие и наглядные презентации с понятными и запоминающимися формулировками, схемами, графиками и таблицами.

Объяснение нового материала желательно проводить в формате дискуссии с обсуждением проблемных вопросов, а для опроса изученного материала не давать задания на бездумный пересказ, а выявлять проблему и ставить коммуникативную задачу, в ходе решения которой студентам необходимо высказать свое мнение, обозначить свою позицию и подкрепить ее аргументами. Данные задания направлены на развитие умения внимательно слушать и приводить контраргументы.

На занятиях по иностранному языку необходимо давать студентам письменные задания, которые учат их размышлять и не искать готовых ответов в сети Интернет. Такими заданиями может быть написание мини-сочинения, краткого анализа впечатлений от просмотренного фильма, прочитанного текста, в котором аргументированы отрицательные и положительные моменты. Изложение прочитанного или прослушанного текста, формулирование своей позиции по проблемному вопросу также обучает студентов системно мыслить, последовательно и логически выстраивать повествование и умозаключения.

В завершении выполнения задания необходимо проводить работу над ошибками, объясняя случаи нарушения логики повествования и нечеткой формулировки. Для устранения негативного влияния клипового мышления необходимо также выполнять задания на развитие умения удерживать и концентрировать внимание.

Подводя итог необходимо отметить, что навыки клипового мышления современного поколения должны восприниматься обществом лишь как адаптация к мировым процессам цифровизации, и они не участвуют в целостном и объективном познании окружающей действительности. Человеческий мозг пластичен, быстро реагирует и приспосабливается к меняющимся условиям, к ежедневной перегрузке информацией и высокому темпу жизни. С одной стороны, клиповое мышление помогает людям быстро и одновременно решать несколько задач, охраняет мозг от избыточной информации. С другой стороны, для обработки потоков информации и принятия решений молодому поколению необходимо владеть навыками системного мышления.

Организация иноязычной речемыслительной деятельности студентов требует и от преподавателя наличие определенных знаний, умений и навыков. Преподавателю необходимо владеть системным мышлением и уметь применять методику проблемного обучения и метод коммуникативных заданий. Для успешной организации иноязычной речемыслительной деятельности преподавателю необходимо уметь выстраивать беседу со студентами, направлять их мыслительную деятельность в нужное русло, не сообщая готовых знаний. При работе с текстовой информацией преподавателю самому необходимо уметь анализировать и систематизировать информацию: рассматривать проблемную задачу с разных позиций, сравнивать, вычленять главное и приводить аргументы.

Таким образом вовлечение студентов на занятиях по иностранному языку в речемыслительную деятельность способствует решению коммуникативных задач и развитию системного мышления. Вместо заучивания большого объема информации сегодня гораздо важнее уметь ее быстро находить, обрабатывать и использовать для решения своих задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выготский, Л.С. Мышление и речь / Л.С. Выготский. – М.: Лабиринт, 1999. – 352 с.
2. Зимняя, И.А. Учебная деятельность как специфический вид деятельности / И.А. Зимняя // Инновационные проекты и программы в образовании. - 2014. - №1. - С.3-14.
3. Купчинская, М.А. Клиповое мышление как феномен современного общества / М.А. Купчинская Н.В. Юдалевич // Бизнес образование в экономике знаний. – №3. – 2019. – С. 66-70.
4. Мильруд, Р.П. Основные способы стимулирования

REFERENCES

1. Vygotsky, L.S. Thinking and speech / L.S. Vygotsky. – M.: Labyrinth 1999. – 352 p.
2. Zimnaya, I.A. Educational activity as a specific type of activity / I.A. Zimnaya // Innovative projects and programs in education. - 2014. - No. 1. - pp.3-14.
3. Kupchinskaya, M.A., Yudalevich, N.V. Clip thinking as a phenomenon of modern society / M.A.Kupchinskaya, N.V. Yudalevich // Business education in the knowledge economy. - No.3. – 2019. – pp. 66-70.
4. Milrud, R.P. The main ways to stimulate speech-thinking

речемыслительной деятельности на иностранном языке / Р.П. Мильруд // Иностранные языки в школе. - 1996. - № 6. - С. 2-6.

5. Миролюбов, А.А. Методика обучения иностранным языкам: традиции и современность: коллективная монография / А.А. Миролюбов, Н.Д. Гальскова, И.Л. Бим; под ред. акад. РАО А.А. Миролюбова. - Обнинск: Титул, 2010. - 463 с.

6. Сакаева, Л.Р. Методика обучения иностранным языкам: учебное пособие для студентов Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского по направлению «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) / Л.Р. Сакаева, А.Р. Баранова. - Казань: КФУ, 2016. - 189 с.

7. Системное мышление. Развитие системного мышления [Электронный ресурс]. -URL: <https://b-trainika.com/blog/myshlenie-sistemnogo-myshleniya/> (дата обращения: 21.02.2024).

8. Спивак, В.А. Системный подход и системное мышление как универсальная компетенция специалиста и руководителя: монография / В. А. Спивак. - Чебоксары: Среда, 2022. - 136 с.

9. Сычев, И.А. Педагогические условия формирования элементов системного мышления учащихся старших классов. Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01: Барнаул, 2009. — 197 с.

10. Шпак, Н.О. Роль коммуникативной задачи в развитии навыков XXI века на занятиях по иностранному языку / Н.О. Шпак // Russian Journal of Education and Psychology. - 2022. - Том 13. - №1. - С. 89-100.

11. Larry D. Rosen Me, MySpace, and I Parenting the Net Generation. - Palgrave Macmillan, 2007. P. 11-13.

activity in the in a foreign language / R.P. Milrud // Foreign languages at school. - 1996. - No. 6. - pp. 2-6.

5. Mirolyubov, A.A. Methods of teaching foreign languages: traditions and modernity: a collective monograph / A.A. Mirolyubov, N.D. Galskova, I.L. Bim; ed. acad. RAO A.A. Mirolyubova. - Obninsk: Titul, 2010. - 463 p.

6. Sakaeva, L.R. Methods of teaching foreign languages: a textbook for students of the Lobachevsky Institute of Mathematics and Mechanics in the field of "Pedagogical education (with two training profiles) / L.R. Sakaeva, A.R. Baranova. - Kazan: KFU, 2016. - 189 p.

7. Systems thinking. The development of systems thinking. [Electronic resource]. -URL: <https://b-trainika.com/blog/myshlenie-sistemnogo-myshleniya/> (date of reference: 02/21/2024).

8. Spivak, V.A. System approach and systems thinking as a universal competence of a specialist and manager: monograph / V. A. Spivak. - Cheboksary: Wednesday, 2022. - 136 p.

9. Sychev, I.A. Pedagogical conditions for the formation of elements of systems thinking in high school students. Dis. ... candidate of Pedagogical Sciences: 13.00.01: Barnaul, 2009. — 197 p.

10. Shpak, N.O. The role of a communicative task in the development of skills of the XXI century in foreign language classes / N.O. Shpak // Russian Journal of Education and Psychology. - 2022. - Volume 13. - No. 1. - P. 89-100.

11. Larry D. Rosen Me, MySpace, and I Parenting the Net Generation. - Palgrave Macmillan, 2007. P. 11-13.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Клиповое мышление, системное мышление, обучение иностранному языку, решение коммуникативной задачи.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Шпак Наталья Олеговна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры «Иностранных языков» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## НЕКОТОРЫЕ НЕСТАНДАРТНЫЕ ПРИЕМЫ РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

О.Г. Куделин, О.И. Линевиц

### SOME NON-STANDARD TECHNIQUES FOR SOLVING ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

O.G. Kudelin (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department of Higher mathematics and Informatics of SSUWT)

O.I. Linevich (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department of Higher mathematics and Informatics of SSUWT)

**ABSTRACT:** Non-standard methods for non-standard methods for solving differential equations are considered, and a solution to a geometric problem using methods of differential equations is proposed. The publication will be useful for university students studying mathematics in depth and taking part in mathematical Olympiads.

**Keywords:** *Differential equation, change of variable method, Bernoulli equation, Euler equation, Cauchy problem.*

Рассмотрены нестандартные способы решения дифференциальных уравнений, а также предложено решение геометрической задачи с применением методов дифференциальных уравнений. Публикация будет полезна обучающимся вузов, углублённо изучающим математику, принимающим участие в математических олимпиадах.

В настоящее время широко распространена практика проведения олимпиад по математике в вузах. Решение олимпиадных задач требует от обучающегося не только уверенного знания математических понятий, теорем, формул, но и умения найти неожиданные и оригинальные подходы к решению задачи. Очень часто при решении таких задач используются методы, непривычные для школьной практики.

Условно, олимпиадные задачи можно подразделить на два уровня [1]:

- первый содержит задачи, углубляющие и дополняющие традиционные разделы курса математики;
- второй включает задачи, которые нельзя отнести к определенному разделу математики, а для их решения нужно иметь нестандартное мышление, способность оригинально

мыслить и рассуждать, находить логические цепочки доказательств.

Данная статья посвящена именно таким задачам второго уровня применительно к методам решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

Задача 1.

Найти общее решение дифференциального уравнения первого порядка

$$2y' + e^{2y} = x$$

Легко заметить, что данное уравнение не поддается разделению переменных, поэтому требуется придумать замену переменных, чтобы продвинуть данную задачу к решению.

Для этого введем новую переменную

$$z(x) = e^{2y(x)},$$

что позволит преобразовать исходное уравнение к уравнению Бернулли, и тогда получим

$$z'(x) = xz(x) - z^2(x)$$

Это уравнение является уравнением Бернулли, для которого можно ввести новую функцию

$$u(x) = \frac{1}{z(x)},$$

Такая подстановка позволит привести уравнение Бернулли к линейному неоднородному дифференциальному уравнению

$$u'(x) = -xu(x) + 1$$

Решая его стандартным методом, найдем

$$u(x) = e^{-\frac{x^2}{2}} \left( C + \int e^{\frac{x^2}{2}} dx \right),$$

откуда следует, что

$$z(x) = \frac{1}{u(x)} = \frac{1}{e^{-\frac{x^2}{2}} \left( C + \int e^{\frac{x^2}{2}} dx \right)}$$

Получаем окончательное решение поставленной задачи в виде

$$y(x) = \frac{\ln(z)}{2} = \frac{x^2}{4} - \frac{1}{2} \ln \left( C + \int e^{\frac{x^2}{2}} dx \right).$$

Ответ:  $y(x) = \frac{\ln(z)}{2} = \frac{x^2}{4} - \frac{1}{2} \ln \left( C + \int e^{\frac{x^2}{2}} dx \right)$

Задача 2.

Решить задачу Коши для дифференциального уравнения

$$4y^2 y''(x) = x(y'(x))^3, \quad y(1) = 1, \quad y'(1) = 2$$

Перейдем к решению дифференциального уравнения, используя обратную функцию  $x(y)$ :

$$y'(x) = \frac{1}{x'(y)} \Leftrightarrow y''(x) = -\frac{1}{(x'(y))^2} x''(y) y'(x) = -\frac{x''(y)}{(x'(y))^3}$$

Подставляя полученную замену переменных и сокращая на множитель  $\frac{1}{(x'(y))^3}$ , получим следующее уравнение для функции  $x(y)$

$$x''(y) = -\frac{x(y)}{4y^2(x)}$$

или

$$y^2(x)x''(y) + \frac{x(y)}{4} = 0$$

Это уравнение называется уравнением Эйлера. Решая его стандартным методом, получим общее решение в виде

$$x(y) = C_1\sqrt{y} + C_2y\sqrt{y}$$

Из начальных условий окончательно получим, что  $C_1 = 1, C_2 = 0$  и тогда решение будет иметь вид

$$x(y) = \sqrt{y} \Leftrightarrow y(x) = x^2$$

Ответ:  $y(x) = x^2$

Задача 3.

Найти кривые, для которых площадь треугольника, образованного касательной, ординатой точки касания и осью абсцисс, есть величина постоянная, равная  $a^2$ .

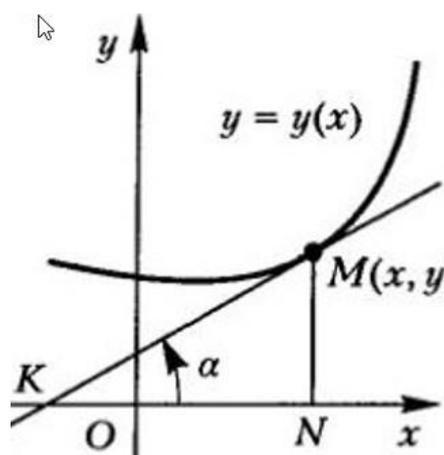


Рисунок 1 – KMN – треугольник, площадь которого нужно найти ( $y' > 0$ )

Площадь указанного треугольника (рисунок1) равна

$$S = \frac{1}{2} |NK| \cdot y(x)$$

Поскольку  $\operatorname{tg} \alpha = y'$  (это следует из геометрического смысла производной), то

$$S = \frac{y^2}{2y'}, \quad y' > 0$$

Таким образом, получили дифференциальное уравнение

$$\frac{y^2}{2} = a^2 y'.$$

Считая  $y(x) \neq 0$ , и разделяя переменные, имеем

$$\frac{2dy}{y^2} = \frac{dx}{a^2}$$

Решая уравнение, получим общий интеграл:

$$\frac{-2}{y} = \frac{x}{a^2} + C$$

или общее решение:

$$y = -\frac{2a^2}{Ca^2 + x}.$$

Если  $y' < 0$  (рисунок 2), то

$$S = -\frac{y^2}{2y'} = a^2,$$

Интегрируя это уравнение, получим общее решение:

$$y = \frac{2a^2}{x - Ca^2}.$$

Обозначим

$$Ca^2 = -C_0.$$

Оба решения объединяем в одну функцию и получаем

$$y = \frac{2a^2}{C_0 \pm x}$$

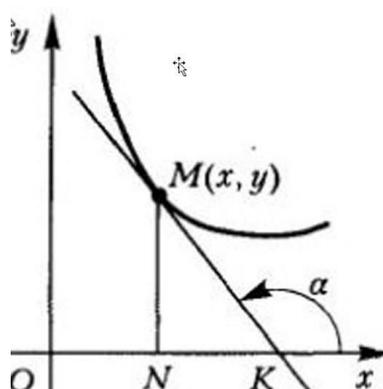


Рисунок 2 – KMN – треугольник, площадь которого нужно найти ( $y' < 0$ )

Ответ:  $y = \frac{2a^2}{C_0 \pm x}$

Итак, в данной статье авторами продемонстрированы нестандартный подход для решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Такие же подходы могут быть применены и для решения других математических задач.

Отметим, что систематическое исследование подобных задач способствует формированию нестандартного, критического мышления, развивает логику и интеллект, способствует пробуждению интереса к нестандартным заданиям и нахождению способов их решения.

Обучающимся эти навыки, безусловно, будут полезны для глубокого изучения и понимания теории и практики в таких важнейших дисциплинах, как сопротивление материалов, физика, теоретическая механика, гидравлика, математическое моделирование и др., являющихся неотъемлемой частью инженерного образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веретенников, Б. М. Студенческие олимпиады по математике УГТУ-УПИ: учебное пособие / Веретенников Б. М., Мохрачева Л. П., Соболев А. Б., Ходак Г. Л. - 2-е изд., доп. и испр. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 256 с. - ISBN 978-5-9221-1078-5.

REFERENCES

1. Veretennikov, B. M. Student Olympiads in Mathematics USTU-UPI: textbook / Veretennikov B. M., Mokhracheva L. P., Sobolev A. B., Khodak G. L. - 2nd ed., add. and corr. - Moscow: FIZMATLIT, 2009. - 256 p. - ISBN 978-5-9221-1078-5

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Дифференциальное уравнение, метод замены переменной, уравнение Бернулли, уравнение Эйлера, задача Коши.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Куделин Олег Георгиевич, кандидат технических наук, доцент кафедры Высшей математики и информатики ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Линевич Ольга Игоревна, кандидат технических наук, доцент кафедры Высшей математики и информатики ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

### Уважаемые коллеги!

Редакция журнала «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока», приглашает Вас опубликовать результаты Ваших научных исследований в очередном номере журнала. Материалы (заявку и статью) просим высылать ответственному секретарю журнала Синицину В.И. по электронной почте: [v.i.sinitsin@nsawt.ru](mailto:v.i.sinitsin@nsawt.ru). Оригиналы по почте на адрес Университета с пометкой для Синицина В.И.

Требования к представлению материалов:

- 1 Статья (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD (объем 3-7 страниц А4, шрифт Arial размер 11, одинарный интервал, поля 2 см).
- 2 Заявка (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD на публикацию научной статьи (образец заявки см. ниже).
- 3 Графический материал не подлежит правке при наборе (при выполнении рисунков поясняющий текст должен быть разборчив); размеры рисунка не более 15×15 см; глубина цвета – оттенки серого.
- 4 Ширина таблиц не более 15 см.
- 5 Все математические формулы и выражения должны быть набраны в специальном редакторе формул (Mathtype и др.), шрифт Arial.
- 6 Обязательные ссылки на список литературы выполняются сквозной нумерацией арабскими цифрами, в квадратных скобках в порядке указания. На каждый указанный в списке источник должны быть ссылки в тексте статьи.
- 7 Отчет об оригинальности текста, не менее 85% на бесплатной версии Антиплагиата (<https://www.antiplagiat.ru/>)

**Редколлегия оставляет за собой право литературной редакции содержания статьи без согласования с автором(и)**

С условиями публикации материалов можно ознакомиться у ответственного секретаря журнала Синицина Владислава Игоревича по электронной почте: [v.i.sinitsin@nsawt.ru](mailto:v.i.sinitsin@nsawt.ru). Почтовый адрес: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, д. 33. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», а также на интернет-странице по адресу: <http://www.ssuwt.ru> в разделе «Наука-Научные издания». Для студентов, аспирантов и работников университета публикация материалов в журнале – бесплатно, в порядке очередности и актуальности.

**PROCEDURE FOR RECEIVING MATERIALS**

**Заявка на публикацию научной статьи**

	<b>на русском языке</b>	<b>на английском языке</b>
НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (без каких-либо сокращений и символов)		
Аннотация (до 300 знаков)		
<i>Ключевые слова</i> (от 3 до 10 слов)		
Организация (полное юридическое название и полный почтовый адрес работы каждого из авторов)	Например: Сибирский Государственный Университет Водного Транспорта (СГУВТ), Россия, г.Новосибирск, ул. Щетинкина 33, 630099	Например: Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia
Автор(ы) (ФИО полностью, ученая степень, занимаемая должность, SPIN-код в системе РИНЦ)	Иванов Иван Иванович, Доктор технических наук, профессор, Зав. кафедры «...» в «СГУВТ» SPIN-код: 3333-3333	Ivanov Ivan Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «...» in «SSUWT» SPIN-код: 3333-3333
Список литературы		
Раздел (необходимо выбрать, поставить галочку)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Эксплуатация и экономика транспорта;</li> <li>○ Путь. Путевое хозяйство;</li> <li>○ Судовождение;</li> <li>○ Теплоэнергетика;</li> <li>○ Электроэнергетика;</li> <li>○ Экология;</li> <li>○ Транспортное образование.</li> </ul>	
Координаты для обратной связи (ФИО полностью, адрес электронной почты, мобильный телефон*)		

\*-номер мобильного телефона необходим для оперативного решения возможных вопросов по поводу публикации и разглашению не подлежит

С условиями публикации ознакомлен(ы), представленный материал ранее не был опубликован, о рецензировании статьи компетентным по тематике статьи лицом не возражаем.

Дата

Подпись(и)

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

<b>М.Г. Мензилова, О.Ю. Лебедев, А.О. Токарев</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕДОСТОЙКИХ И ПРОТИВООБРАСТАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ К УДАРНО-ЦИКЛИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ.....	5
<b>Ю.С. Боровская, Г.Ж. Игликова, В.Н. Попов</b> ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ДОБЫЧИ, ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ, ПЕРЕВОЗКИ И ВЫГРУЗКИ НСМ ИЗ РЕЧНЫХ СУДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....	12
<b>А.А. Наприенко</b> ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ АВТОГИДРОПОДЪЕМНИКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВАРКИ .....	18
<b>Ю.С. Боровская, В.Ю. Зыкова</b> СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ РЕЧНОГО ПОРТА.....	22
<b>В.П. Носов, И.Е. Аржанов, В.В. Малинов</b> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕГРУЗКИ ГРУЗОВ В КРУПНОТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРАХ .....	26
<b>А.В. Зачёсов, С.В. Бунташова, К.И. Киселёва</b> КОНТЕЙНЕРИЗАЦИЯ РЕЧНЫХ ПОРТОВ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА.....	35
<b>В.М. Бунеев, О.В. Трофимцева</b> МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОБОСНОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭКСПОРТА ГРУЗОВ ВОДНЫМ ТРАНСПОРТОМ .....	37
<b>О.Ю. Бородин, С.П. Глушков</b> КОРРЕКТИРОВКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СИЛИКОНОВЫХ ДЕМПФЕРОВ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ .....	43
<b>В.П. Носов, Ю.С. Чернышова, К.А. Пащенко</b> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ ЛЕСНЫХ И МЕШКОВЫХ ГРУЗОВ.....	50
<b>О.В. Щербакова, А.В. Деньк, С.Д. Савченко</b> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН.....	55
<b>А.В. Зачёсов, С.В. Бунташова</b> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЕКТОР РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА.....	62
<b>В.М. Бунеев</b> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ВОДНОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ.....	65

## TRANSPORT OPERATION AND ECONOMICS

<b>M.G. Menzilova, O.Y. Lebedev, A.O. Tokarev</b> EXPERIMENTAL STUDIES OF ICE- RESISTANT AND ANTI-FOULING COATINGS UNDER IMPACT-CYCLICAL IMPACT .....	5
<b>Y.S. Borovskaya, G.Z. Iglukova, V.N. Popov</b> SUBSTANTIATION OF THE OPTIMAL COMPLEX OF TECHNICAL MEANS FOR EXTRACTION, FRACTIONATION, TRANSPORTATION AND UNLOADING OF NSM FROM RIVER VESSELS USING THE DYNAMIC PROGRAMMING METHOD.....	12
<b>A.A. Naprienko</b> FEATURES OF REPAIR OF METAL STRUCTURES OF AUTO-HYDRAULIC HOISTS USING WELDING.....	18
<b>Y.S. Borovskaya, V.Y. Zykova</b> THE CONTENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF THE RIVER PORT .....	22
<b>V.P. Nosov, I.E. Arzhanov, V.V. Malinov</b> MODERN TECHNOLOGIES OF CARGO TRANSSHIPMENT IN LARGE-CAPACITY CONTAINERS .....	26
<b>A.V. Zachesov, S.V. Buntashova, K.I. Kiseleva</b> CONTAINERIZATION OF RIVER PORTS IN SIBERIA AND THE FAR EAST .....	35
<b>V.M. Buneev, O.V. Trofimtseva</b> METHODOLOGICAL TOOLS FOR SUBSTANTIATION OF TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS FOR THE EXPORT OF GOODS BY WATER TRANSPORT .....	37
<b>O.Yu. Borodina, S.P. Glushkov</b> ADJUSTMENT OF THE METHODOLOGY FOR DETERMINING THE RESIDUAL LIFE OF SILICONE TORSIONAL VIBRATION DAMPERS.....	43
<b>V.P. Nosov, Ju.S. Chernyshova, K.A. Pachenko</b> TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR TRANSSHIPMENT OF FOREST AND BAGGED GOODS .....	50
<b>O.V. Shcherbakova, A.V. Denk, S.D. Savchenko</b> FEATURES OF APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES FOR THE MANUFACTURE OF PARTS OF LOAD-LIFTING MACHINERY.....	55
<b>A.V. Zachesov, S.V. Buntashova</b> CURRENT TRENDS DETERMINING THE VECTOR OF DEVELOPMENT OF TRANSPORT LOGISTICS IN SIBERIA AND THE FAR EAST .....	62
<b>V.M. Buneev</b> MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE THEORY OF WATER TRANSPORT SYSTEMS.....	65

## ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

<b>Н.В. Голышев, С.В. Моторин, Д.Н. Голышев</b> СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ОТКРЫТЫХ БЕЗНАПОРНЫХ КАНАЛОВ.....	71
<b>Е.М. Сорокин</b> УВЕЛИЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И КРУТИЗНЫ ОТКОСОВ ГРУНТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	78
<b>В.В. Шамова, В.В. Беляева, С.В. Ступко</b> НАТУРНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЧАСТКОВ СЛИЯНИЯ РЕК.....	84
<b>М.А. Щербинина, Е.А. Пахомов</b> ПРИЧИНЫ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА РЕЧНЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЯХ.....	88

## INFRASTRUCTURE OF TRANSPORT ROUTES

<b>N.V. Golyshev, S.V. Motorin, D.N. Golyshev</b> SYSTEM ANALYSIS OF PARAMETERS FOR AUTOMATION OF HYDRAULIC CALCULATION OF OPEN NON-PRESSURE CHANNELS .....	71
<b>E.M. Sorokin</b> INCREASING THE STABILITY AND STEEPNESS OF THE SLOPES OF GROUND STRUCTURES .....	78
<b>V.V. Shamova, V.V. Belyaeva, S.V. Stupko</b> FULL-SCALE AND THEORETICAL STUDIES OF RIVER CONFLUENCE SITES .....	84
<b>M.A. Shcherbinina, E.A. Pakhomov</b> CAUSES OF EMERGENCY SITUATIONS AT RIVER BERTH STRUCTURES.....	88

## CONTENTS

<p><b>Н.В. Голышев, С.В. Моторин, Д.Н. Голышев</b> МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСЧЕТА ГЛУБИНЫ И ШИРИНЫ ОТКРЫТОГО БЕЗНАПОРНОГО КАНАЛА ПО ЗАДАНЫМ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ..... 91</p>	<p><b>N.V. Golyshev, S.V. Motorin, D.N. Golyshev</b> METHODOLOGICAL SUPPORT FOR CALCULATING THE DEPTH AND WIDTH OF AN OPEN UN-PRESSURIZED CHANNEL ACCORDING TO SPECIFIED HYDROLOGICAL PARAMETERS ..... 91</p>
<hr/>	
<p><b>СУДОВОЖДЕНИЕ</b></p> <p><b>И.Ю. Линевич, А.А. Приваленко</b> СБОР АППАРАТНОЙ ЧАСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО БУЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ «ARDUINO» И ОБЗОР НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ОТДЕЛЬНЫХ СЕГМЕНТОВ ..... 97</p> <p><b>В.И. Сичкарёв</b> ОБЗОР СУДОВОДИТЕЛЬСКИХ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДАННЫХ О ВОЛНЕНИИ ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ В ШТОРМОВОМ ПЛАВАНИИ ..... 102</p> <p><b>С.В. Моторин, В.И. Осипов</b> СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО РЕЧНОГО СУДОВОЖДЕНИЯ..... 107</p> <p><b>Ю.Н. Черепанов</b> ОСОБЕННОСТИ БЕЗОПАСНОГО ПЛАВАНИЯ МАЛОМЕРНЫХ СКОРОСТНЫХ СУДОВ ..... 114</p> <p><b>В.И. Сичкарёв</b> НАПРАВЛЕНИЕ ЛИНИИ ВЕТРА НА АКВАТОРИИ ПО ПУТИ ЦИКЛОНА С КРУГОВЫМИ ИЗОБАРАМИ..... 119</p> <p><b>М.Д. Тарасенко</b> ОБЗОР СУДОВОДИТЕЛЬСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНКИ КАЧКИ СУДНА..... 123</p> <p><b>П.А. Бимбереков, Д.А. Волгов, А.Д. Емельянов, В.Ю. Гуров</b> ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ОБУЧАЮЩИМИСЯ ФАКУЛЬТАТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ» НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ПЛОСКИХ ФИГУР ..... 131</p> <p><b>С.В. Трошина</b> СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ШВАРТОВЫХ ОПЕРАЦИЯХ..... 136</p>	<p><b>MANAGEMENT AND MAINTENANCE OF MEANS OF TRANSPORT</b></p> <p><b>I.Y. Linevich, A.A. Privalenko</b> ASSEMBLING THE HARDWARE OF A RADIO TECHNICAL BUOY BASED ON ARDUINO MICRO CONTROLLERS AND REVIEWING FIELD TESTS OF INDIVIDUAL SEGMENTS ..... 97</p> <p><b>V.I. Sichkarev</b> AN OVERVIEW OF NAVIGATIONAL METHODS FOR OBTAINING WAVE DATA FOR SPECTRAL SHIP CONTROL TASKS IN STORMY NAVIGATION..... 102</p> <p><b>S.V. Motorin, V.I. Osipov</b> MEANS OF ENSURING EFFICIENT RIVER NAVIGATION..... 107</p> <p><b>Yu.N. Cherepanov</b> FEATURES OF SAFE NAVIGATION OF SMALL HIGH-SPEED VESSELS ..... 114</p> <p><b>V.I. Sichkarev</b> THE DIRECTION OF THE WIND LINE IN THE WATER AREA ALONG THE PATH OF A CYCLONE WITH CIRCULAR ISOBARS..... 119</p> <p><b>M.D. Tarasenko</b> AN OVERVIEW OF THE SHIP'S NAVIGATION TOOLS FOR ASSESSING THE PITCHING OF A SHIP ..... 123</p> <p><b>P.A. Bimberekov, D.A. Volov, A.D. Yemelyanov, V.Yu. Gurov</b> PROBLEMS OF STUDENTS MASTERING THE OPTIONAL DISCIPLINE "METHODS AND OPTIMIZATION ALGORITHMS" USING THE EXAMPLE OF STUDYING THE MOMENTS OF INERTIA OF PLANE FIGURES..... 131</p> <p><b>S.V. Troshina</b> WAYS TO INCREASE SAFETY DURING MOORING OPERATIONS ..... 136</p>
<hr/>	
<p><b>ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА</b></p> <p><b>В.П. Пушнин, А.С. Дмитриев, С.П. Андриященко</b> ДВУМЕРНЫЕ АЛЛОТРОПНЫЕ МОДИФИКАЦИИ УГЛЕРОДА В ГРАФИТЕ, ПРОМЫШЛЕННОЙ И ДИЗЕЛЬНОЙ САЖЕ ..... 142</p> <p><b>С.В. Викулов, А.Н. Спиридонова</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНООСНОЙ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА..... 146</p> <p><b>И.Г. Мироненко</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВОДНОЙ ФАЗЫ В ЭМУЛЬГИРОВАННЫХ ТОПЛИВАХ..... 151</p> <p><b>Е.С. Губин, А.С. Дмитриев, И.В. Швецов, Г.С. Юр</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОБНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДИЗЕЛЯ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ С ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕЙ ПРИСАДКОЙ..... 156</p> <p><b>И.В. Розов, О.В. Спиренкова, С.В. Титов, А.С. Тушина</b> МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМЕР- ГРАФЕНОВЫХ МЕМБРАН ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ..... 160</p> <p><b>С.В. Викулов, А.Н. Спиридонова</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ..... 165</p> <p><b>А.Ф. Кузнецов</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ..... 171</p>	<p><b>HEAT POWER INDUSTRY</b></p> <p><b>V.P. Pushnin, A.S. Dmitriev, S.P. Andryushchenko</b> TWO-DIMENSIONAL ALLOTROPIC MODIFICATIONS OF CARBON IN GRAPHITE, INDUSTRIAL AND DIESEL SOOT ..... 142</p> <p><b>S.V. Vikulov, A.N. Spiridonova</b> MODELING OF UNIAXIAL VIBRATION ISOLATION DIESEL GENERATOR ..... 146</p> <p><b>I.G. Mironenko</b> DETERMINATION OF THE WATER PHASE CONTENT IN EMULSIFIED FUELS..... 151</p> <p><b>E.S. Gubin, A.S. Dmitriev, I.V. Shvetsov, G.S. Yur</b> RESULTS OF TRIAL TESTS OF A DIESEL ENGINE USING MODIFIED DIESEL FUEL WITH A HYDROGEN- CONTAINING ADDITIVE ..... 156</p> <p><b>I.V. Rozov, O.V. Spirenkova, S.V. Titov, A.S. Tushina</b> RESEARCH METHOD OF POLYMER- GRAPHENE MEMBRANES FOR HYDROGEN FUEL CELLS ..... 160</p> <p><b>S.V. Vikulov, A.N. Spiridonova</b> FEATURES OF USING NATURAL GAS AS FUEL FOR MARINE DIESEL ENGINES ..... 165</p> <p><b>A.F. Kuznetsov</b> STUDY OF THE FILTRATION PROCESS OF WATER-FUEL EMULSION ..... 171</p>

## СОДЕРЖАНИЕ

<p><b>Т.М. Мухаметшин, Д.В. Богодухов, А.И. Вакарин, С.Г. Штефан</b> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГАРНИЗОНА ДОМНА ..... 175</p>	<p><b>T.M. Mukhametshin, D.V. Bogodukhov, A.I. Vakarin, S.G. Stefan</b> ECOLOGICAL SAFETY OF THE GARRISON DOMNA ..... 175</p>
<hr/>	
<b>ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА</b>	<b>ELECTRIC POWER INDUSTRY</b>
<p><b>Ю.Н. Смыков, С.В. Горелов, Т.А. Толашко</b> ЧАСТОТА ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ КАК ФАКТОР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭЛЕКТРОПОЖАРБЕЗОПАСНОСТИ САЭЭС ..... 146</p> <p><b>Р.Г. Галеев, С.Н. Реутов</b> АНАЛИЗ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПРОВОДНИКА РАБОТАЮЩЕГО ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ..... 181</p> <p><b>Л.В. Пахомова, А.А. Бутузov, М.А. Ширяев, Д.З. Исмаилова, Л.С. Жукова</b> АНАЛИЗ И СИНТЕЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ..... 185</p> <p><b>Р.Г. Галеев, В.И. Синицин</b> АНАЛИЗ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА С АМОΡФНЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ..... 193</p> <p><b>Т.В. Ананьина, Е.В. Иванова, М.Е. Переладov, Л.В. Садовская, В.Г. Сальников</b> КОНДУКТИВНЫЕ НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОМЕХИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПЕРЕТОКА МОЩНОСТИ В СЕТЯХ С ГЛУХОЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ ..... 196</p> <p><b>Р.Г. Галеев</b> ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ПО СРЕДСТВАМ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ПРОВОДНИКОВ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ..... 203</p> <p><b>Т.В. Ананьина, Е.В. Иванова, М.Е. Переладov, Л.В. Садовская, В.Г. Сальников</b> УСТОЙЧИВОСТЬ УЗЛА НАГРУЗКИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПЕРЕТОКА МОЩНОСТИ В РАЙОННОЙ ПОДСТАНЦИИ ..... 206</p>	<p><b>Y.N. Smykov, S.V. Gorelov, T.A. Tolashko</b> THE FREQUENCY OF THE SUPPLY VOLTAGE AS A FACTOR OF ENERGY EFFICIENCY AND ELECTRICAL FIRE SAFETY OF THE SAEES ..... 146</p> <p><b>R.G. Galeev, S.N. Reutov</b> ANALYSIS OF A HIGH-TEMPERATURE SUPERCONDUCTING CONDUCTOR OPERATING AT AN INCREASED FREQUENCY OF ALTERNATING CURRENT ..... 181</p> <p><b>L.V. Pahomova, A.A. Butuzov, M.A. Shiryaev, D.Z. Ismailova, L.E. Zhukova</b> ANALYSIS AND SYNTHESIS OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS OF SHIP ELECTRICAL EQUIPMENT ELECTRICAL INSTALLATIONS ..... 185</p> <p><b>R.G. Galeev, V.I. Sinitsin</b> ANALYSIS OF A POWER TRANSFORMER WITH AN AMORPHOUS MAGNETIC CIRCUIT AT AN INCREASED FREQUENCY OF ALTERNATING CURRENT ..... 193</p> <p><b>T.V. Ananina, E.V. Ivanova, M.E. Pereladov, L.V. Sadovskaya, V.G. Salnikov</b> CONDUCTIVE LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE WHEN CHANGING POWER FLOW IN NETWORKS WITH A SOLIDLY GROUNDED NEUTRAL ..... 196</p> <p><b>R.G. Galeev</b> LIMITATION OF SHORT-CIRCUIT CURRENTS BY MEANS OF USING HIGH- TEMPERATURE SUPERCONDUCTING CONDUCTORS IN POWER TRANSFORMERS ..... 203</p> <p><b>T.V. Ananina, E.V. Ivanova, M.E. Pereladov, L.V. Sadovskaya, V.G. Salnikov</b> STABILITY OF LOAD UNIT WHEN CHANGING POWER FLOW IN A DISTRICT SUBSTATION ..... 206</p>
<hr/>	
<b>ЭКОЛОГИЯ</b>	<b>ECOLOGY</b>
<p><b>М.А. Бучельников, В.Н. Кофеева</b> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОТРАСЛЕВЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ..... 215</p> <p><b>М.Г. Мензилова, О.Ю. Лебедев, О.В. Рослякова</b> ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ СО СРЕДСТВАМИ МЕХАНИЗАЦИИ ОКРАСОЧНЫХ РАБОТ НА СУДАХ ..... 218</p> <p><b>О.В. Дружинина</b> ЭКОСИСТЕМНЫЕ ФУНКЦИИ БОЛОТ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 224</p> <p><b>И.И. Бочкарева, Д.В. Быков</b> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОРТОВ И ПРИЧАЛОВ ..... 228</p> <p><b>М.Г. Мензилова, О.Ю. Лебедев, О.В. Рослякова</b> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОКРАСОЧНЫХ РАБОТ РЕЧНЫХ СУДОВ ..... 231</p>	<p><b>M.A. Buchelnikov, V.N. Kofeeva</b> PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR SOLVING INDUSTRIAL HYDROLOGICAL AND HYDROECOLOGICAL PROBLEMS ..... 215</p> <p><b>M.G. Menzilova, O.Y. Lebedev, O.V. Roslyakova</b> SAFETY WHEN WORKING WITH MEANS OF MECHANIZATION FOR PAINTING WORK ON SHIPS ..... 218</p> <p><b>O.V. Druzhinina</b> ECOSYSTEM FUNCTIONS OF SWAMPS OF THE NOVOSIBIRSK REGION ..... 224</p> <p><b>I.I. Bochkareva, D.V. Bykov</b> ENSURING THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF PORTS AND BERTHS ..... 228</p> <p><b>M.G. Menzilova, O.Y. Lebedev, O.V. Roslyakova</b> ENSURING THE SAFETY OF PAINTING WORKS OF RIVER VESSELS ..... 231</p>
<hr/>	
<b>ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ</b>	<b>TRANSPORT EDUCATION</b>
<p><b>М.А. Лобановский</b> ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ НА СТРИМИНГОВЫХ ПЛАТФОРМАХ ..... 240</p>	<p><b>M.A. Lobanovsky</b> TOOLS FOR CONDUCTING DISTANCE CLASSES ON STREAMING PLATFORMS ..... 240</p>

## CONTENTS

<b>Н.В. Мокровицкая</b> РОЛЬ КУРАТОРА В ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ..... 243	<b>N.V. Mokrovitskay</b> THE ROLE OF THE CURATOR IN EDUCATIONAL WORK IN THE HIGHER EDUCATION SYSTEM ..... 243
<b>Е.А. Киселева</b> КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД В ОБУЧЕНИИ НЕМЕЦКОМУ ЯЗЫКУ СТУДЕНТОВ НЕЯЗЫКОВЫХ ВУЗОВ ..... 246	<b>E.A. Kiseleva</b> COMPETENCE-BASED APPROACH IN TEACHING GERMAN TO STUDENTS OF TECHNICAL UNIVERSITIES ..... 246
<b>С.Н. Масленников, Ю.В. Хохлов, О.О. Суховеева</b> ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СЕВЕРНОГО ЗАВОЗА ..... 249	<b>S.N. Maslennikov, Y.V. Khokhlov, O.O. Sukhoveeva</b> LEGAL ASPECTS OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS STRUCTURE OF NORTHERN DELIVERY ..... 249
<b>С.И. Лещенко, В.А. Бобыльская, А.В. Мазгалова</b> К ВОПРОСУ СОТРУДНИЧЕСТВА ВЫСШИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И ПРОФИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ..... 255	<b>S.I. Leshchenko, V.A. Bobylskaya, A.V. Mazgaleva</b> ON THE ISSUE OF COOPERATION BETWEEN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS AND SPECIALIZED ENTERPRISES..... 255
<b>Т.Е. Зинченко, В.А. Егоров, Д.К. Кудряшова, К.С. Лысяк, А.А. Рожкова</b> КУРС «СОЦИАЛЬНЫЕ И ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА» В ТРАНСПОРТНОМ ВУЗЕ ..... 261	<b>T.E. Zinchenko, V.A. Egorov, D.K. Kudryashova, K.S. Lysyak, A.A. Rozhkova</b> COURSE "SOCIAL AND PHILOSOPHICAL PROBLEMS OF THE INFORMATION SOCIETY" AT THE TRANSPORT UNIVERSITY ..... 261
<b>Е.В. Бланк, В.И. Синицин</b> ОБУЧЕНИЕ ДЕТЕЙ, НАХОДЯЩИХСЯ НА СТАЦИОНАРНОМ ЛЕЧЕНИИ, МЕРАМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РАМКАХ ДОБРОВОЛЬЧЕСКОЙ (ВОЛОНТЕРСКОЙ) ДЕЯТЕЛЬНОСТИ..... 267	<b>E.V. Blank, V.I. Sinitsin</b> TEACHING FIRE SAFETY MEASURES TO CHILDREN IN HOSPITAL CARE WITHIN THE FRAMEWORK OF VOLUNTARY (VOLUNTEER) ACTIVITIES ..... 267
<b>П.А. Бимбереков</b> К ВОПРОСУ ПОНИМАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИН, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ ОТРАСЛИ В ПРОЦЕДУРЕ ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ..... 271	<b>P.A. Bimberekov</b> ON THE ISSUE OF UNDERSTANDING AND DETERMINING THE PLACE OF DISCIPLINES CHARACTERIZING MATERIAL OBJECTS OF THE INDUSTRY IN THE PROCEDURE OF TRAINING MANAGEMENT SPECIALTIES ..... 271
<b>О.В. Приданова, В.А. Бобыльская</b> КОНКУРЕНТНАЯ СРЕДА: ВЫПУСКНИКИ ТРАНСПОРТНЫХ ВУЗОВ И ОТРАСЛЬ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА ..... 274	<b>O.V. Pridanova, V.A. Bobylskaya</b> COMPETITIVE ENVIRONMENT: GRADUATES OF TRANSPORT UNIVERSITIES AND THE RIVER TRANSPORT INDUSTRY ..... 274
<b>Н.О. Шпак</b> ВЛИЯНИЕ КЛИПОВОГО И СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ НА ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ ..... 277	<b>N.O. Shpak</b> CLIP AND SYSTEMS THINKING IMPACT ON FOREIGN LANGUAGE TEACHING..... 277
<b>О.Г. Куделин, О.И. Линевич</b> НЕКОТОРЫЕ НЕСТАНДАРТНЫЕ ПРИЕМЫ РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ..... 281	<b>O.G. Kudelin, O.I. Linevich</b> SOME NON-STANDARD TECHNIQUES FOR SOLVING ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS..... 281

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ  
Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока  
№1 за 2024 год

Главный редактор – Палагушкин Б.В.

Ответственный за выпуск – Синицин В.И.

Перевод на английский язык – Солнцева Е.Н.

Подписано в печать \_\_\_\_\_ г. с оригинал-макета

Бумага офсетная №1, формат 60x84 1/8, печать трафаретная – Riso.

Усл. печ. л. \_\_\_\_; тираж 500 экз. Заказ № \_\_\_\_

Цена свободная.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, тел. (383)222-64-68,  
факс (383)222-49-76

Отпечатано в издательстве ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-22440 выдано 20.12.2005 г.

ISSN 2071-3827

Подписной почтовый индекс 62390